

复杂环境下深基坑设计与变形监测分析

郭鹏飞, 王晓辉, 刘浩茜

(西北综合勘察设计院, 陕西 西安 710000)

摘要 建设工程行业是我国城镇化过程中的一个关键环节, 地基的施工技术、方法决定着整个工程的施工质量。通常, 地基工程开挖深度达到5 m及以上的基坑称为深基坑, 要使用必要的基坑支护手段保证基坑工程安全实施。如何确保深基坑对周边环境的影响在可控范围内、如何与设计单位紧密协同落实信息化施工是基坑工程安全施工的重点。基于此, 本文结合实例针对复杂环境下深基坑设计及变形监测要点展开分析研究, 以期为解决该难题提供有益参考。

关键词 复杂环境; 深基坑设计; 变形监测

中图分类号: TU19

文献标志码: A

文章编号: 2097-3365(2024)06-0004-03

城市基础设施和地产建设的迅速发展涉及的基坑工程也日益增多, 因此对复杂环境下深基坑设计及变形监测要点进行深入研究具有十分重要的意义。本文采用有限元方法对深基坑的变形特征进行了研究, 研究了在偏压荷载作用下, 深基坑的变形特性。但考虑到深基坑周边环境和地质条件的复杂程度情况, 还需结合具体的工程实践开展相关研究。为此, 本文拟通过对某工程深基坑的开挖和支护过程进行研究, 并根据其所处的地层环境, 通过对其开挖过程中的土体及支护变形特征进行研究, 从而为基坑及坑内建(筑)物安全建设提供理论依据。

1 工程基本信息

某工程占地2 200 m², 分为商务区和主楼区两部分, 商业区坐落在深基坑的北面, 它的深坑在7.2 m左右; 主楼区设在深基坑的南部, 挖深12.5 m, 长70 m, 宽25 m。考虑到主体建筑的基坑面积比较大, 下面以主

体建筑基坑工程为例进行研究。

就深基坑周边情况而言, 该工程的北面紧邻公路, 与商务区相邻22 m; 东面也是紧靠公路, 最短距离19.5 m。两条公路均为新建, 交通流量较小, 对深基坑的施工造成的影响较小。该工程的西部紧邻已有的小建筑物, 其最小间距为15 m, 总层数为2层, 使用自然地基, 考虑到它的尺寸不大, 对深基坑的施工影响不大。由于基坑南面与已有建筑物相邻, 且为7层高层住宅, 采用小型桩基作为地基, 桩底埋深比深小, 鉴于已有工程占地面积庞大, 且紧邻主体结构。该基坑及周围环境示意图见图1。

2 支护设计

根据深基坑开挖工程的特点, 结合工程实际, 对深基坑开挖工程的地下结构进行了分析, 以确保工程的安全。根据工程实践, 提出了采用“边坡+桩锚法”的基坑围护方式, 并对其进行了分析。(1)在桩顶标

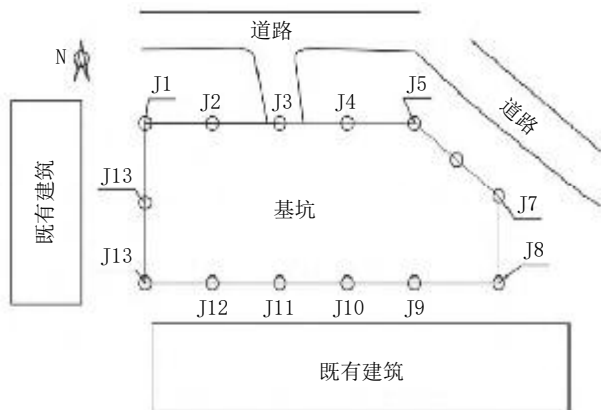


图1 基坑平面示意图

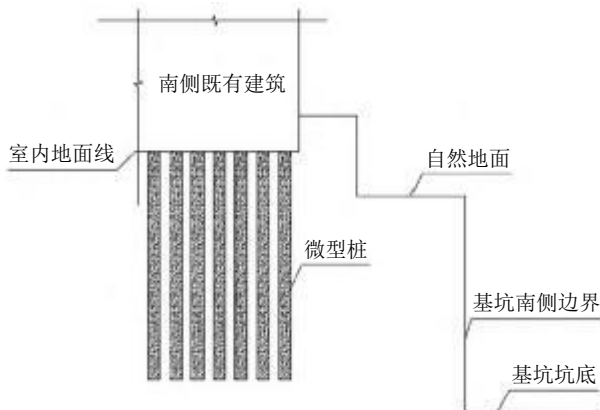


图2 基坑南侧近接示意图

高 2 m 以内, 按 1:1.25 进行降坡; 边坡开挖结束后, 对边坡进行了加固, 以土钉支护为主。(2) 排桩群的优化。钻孔直径 0.8 m, 间距 1.6 m, 全长 18.5 m, 最小嵌入深度 6.5 m, 上部加设一道拱顶梁。(3) 锚固件的设计。为了确保排桩的稳定性, 在排桩的垂直方向上设置 3 根锚索。锚杆的直径为 150 mm, 倾斜角 15°。

3 变形监测分析

3.1 基坑安全等级

考虑到深基坑的结构特点和邻近地区的地质条件, 如果在工程中发生破坏, 将导致非常大的损失, 因此, 该工程属于一类安全评价。

3.2 观测精度要求

根据工程地质条件及场地条件, 采用不同的开挖方式对其进行观测。目前常用的监控手段有轴法、小角法(也称视准线小角法)、角度交会法、距离交会法以及全站仪的极坐标等。在对高层建筑物进行深基坑变形监控时, 必须将各测点沿着与坑缘垂直的中心偏差作为测量精度的标志^[1]。在精确的高程垂向变形测定中, 仍以几何水准为主。

3.3 基坑监测数据特征分析

为了保证基坑工程的顺利实施, 对其进行变形监控显得尤为重要。根据本项目的具体情况, 在深基坑的南部布置了 J9-J12 共 4 个测点。本次监测共采集 34 个时段的资料, 其中 J9、J10、J11、J12 分别为 12.86 mm、16.73 mm、23.45 mm 和 24.70 mm。

根据以上分析, 得出了深大、中、小三个断面的累积变形值, 并以此为依据, 计算出了各观测点的应变率的最大值、最小值、平均值: J9 最大的为 3.71 mm/d, 最小的为 0.13 mm/d, 平均为 1.55 mm/d; J10 的最大变形率为 3.01 mm/d, 最小的为 0.09 mm/d, 平均为 1.33 mm/d; J11 的最大变形率为 3.14 mm/d, 最小的为 0.13 mm/d, 平均为 0.95 mm/d; J120 的最大变形率为 3.43 mm/d, 最小的为 0.15 mm/d, 平均为 1.05 mm/d。

在此基础上, 通过对 4 个观测点的位移率进行区间化的统计分析, 发现随着应变率的增加, 各测点的分配次数或所占据的比重呈先增大后减小的特点, 在“0.5 mm/期 < s ≤ 1 mm/期”的情况下, 出现 38 个, 占比 27.94%。

3.4 变形数据的基础分析

3.4.1 预测模型构建

为了更好地把握深基坑的变形, 本文将其应用于深大基坑的变形特性研究中。

基于已有研究结果, 本项目拟基于极限学习机(ELM), 是传统神经网络模型的改进版, 具有操作便利、普适性强、精度高的一系列特点, 并构建了基坑变形预测模型。根据 ELM 法的理论, 得到了训练函数^[2]。

$$y_j = \sum_{i=1}^L \beta_i g(w_i x_j + b_i) \quad (1)$$

式中: y_j 为基坑预测结果; β_i 、 w_i 为层间连接权值; L 为隐层参数; $g(x)$ 为核函数; b_i 为阈值; x_j 为输入样本; N 为训练样本数。

在反复训练后, 可认为其预测结果能实现期望值的零误差逼近, 如公式(2)所示。

$$\sum_{i=1}^N \|t_i - y_i\| = 0 \quad (2)$$

式中: t_i 为期望值。

因此, 训练函数如公式(3)所示。

$$t_j = \sum_{i=1}^L \beta_i g(w_i x_j + b_i) \quad (3)$$

将公式(3)转变为矩阵形式如公式(4)所示。

$$T = H\beta \quad (4)$$

式中: H 为隐层矩阵; T 为输出矩阵; β 为权值矩阵。

由于基坑变形速率具有较强的波动特征, ELM 无法完全刻画预测过程, 即公式(3)难以完全相等, 会有一定误差, 其误差矩阵如公式(5)所示。

$$V = T - H\beta \quad (5)$$

式中: V 为误差矩阵。

3.4.2 预测结果分析

利用有限差分法对深开挖面的位移进行了预报, 并将预报成果的相对偏差作为评判标准, 并对各参数进行了统计分析^[3]。

J9 站点的测量结果表明, 采样点的相对偏差在 2.01% ~ 2.26% 之间, 平均偏差在 2.13% 左右。

J10 站点的测量结果表明, 其测量结果的相对偏差在 2.05% ~ 2.28% 之间, 平均偏差在 2.14% 左右。

J11 站点的测量结果表明, 其测量结果的相对偏差在 2.05% ~ 2.33% 之间, 平均偏差在 2.16% 左右。

J12 测点的相对偏差在 2.06% ~ 2.20% 之间, 平均偏差在 2.12% 左右。

通过 4 个观测点的预报比较, 发现预报成果的相对偏差在很小的区间内, 预报的平均偏差也很低, 表明了 ELM 预报的准确性。

最后, 在此基础上, 对 4 个观测点的变形量进行了计算, 得出了相应的结论。

对 J9 观测站 33-36 期的预报速度分别为 0.59 mm/d, 0.43 mm/d, 0.35 mm/d, 0.52 mm/d。

对 J10 监测站 33-36 周期的预报速度分别为 0.59 mm/d, 0.62 mm/d, 0.41 mm/d, 0.43 mm/d。

对 J11 监测站 33-36 周期的预报速度分别为 0.59 mm/d, 0.38 mm/d, 0.65 mm/d, 0.51 mm/d。

根据 J12 观测站 33-36 周期, 预报速度分别为 0.47 mm/d, 0.58 mm/d, 0.34 mm/d, 0.66 mm/d。

总体而言, 4 个测点的后期变形率都是正的, 预示着以后的深开挖将继续增大, 但是, 由于应变率的数值比较低, 表明深大开挖量的增长速度不大, 以后将逐渐趋于平稳。

4 基坑变形智能化监测

4.1 已有建筑沉降

大规模的深基坑开挖易引起周围土体应力产生变化, 造成已有建筑物, 特别是高层建筑物出现较大沉降、裂缝和倾斜等现象^[4]。本工程设定变形控制标准为 30 mm, 结合变形最大的测点数据展开分析已有建筑沉降变化规律。土体刚开挖时, 建筑物沉降变化值很小, 并出现负值, 这是重型机械作业时引起的挤土效应所造成的轻微隆起现象。而后, 基坑开挖深度加大, 建筑物开始沉降, 数据有一定波动, 但总体保持增大的趋势, 最大值为 2.9 mm, 远小于沉降变形预警值 30 mm, 表明基坑设计及施工方案具有可行性, 对周围地表和建筑物的影响控制在合理范围内。

4.2 坡顶及周边地表沉降

朗肯主动状态区土体被扰动, 塑性区滑动面增大, 土体产生小幅度的塑性流动, 造成建筑物下沉速度加快, 但是后期垫层和底板施工完毕之后, 支护结构稳定性有一定提高, 周围地表下沉量逐渐趋于稳定; 基坑开挖阶段, 地表沉降最大值多发生在距坡肩水平距离约一倍开挖深度处, 随着监测点与基坑边距离的增大, 除了少数监测点异常之外, 周围地表的监测点沉降位移值沿 x 轴的分布基本呈现缓慢降低, 所有曲线具有类似的规律^[5]。

4.3 坡顶水平位移

位移随着基坑开挖逐渐增大, 但前期的增速没有明显变化, 说明此时的位移由上部土钉墙设计参数控制, 且效果较理想; 前排土钉工序完成后, 位移较快增长, 变形控制能力下降。为防止位移累计值或增长速率超过预警值, 施工中根据每日水平位移变化速率严格控制基坑的开挖速度, 并适时采取跳仓开挖; 当开挖深度临近坑底标高, 位移趋于稳定, 变幅很小。

4.4 深层侧向位移

侧向位移值随着开挖深度增大而增大, 在前期增速明显, 后期增速明显降低, 临近开挖结束, 所有数

据较稳定, 没有出现前期个别时间段的数据产生异常波动的现象; 不同监测点位移值随开挖深度的增加均呈现先增大后减小的趋势, 侧向变形均朝基坑内发展。受土体分布、开挖深度、周围建筑物荷载及施工荷载等因素的影响, 基坑周围土体中部区域的横向变形最大, 上部区域次之, 底部区域变形最小, 即曲线呈“鼓胀”型分布; 最大侧向位移位于基坑开挖面以上, 基坑开挖面以下 7 m 附近, 其值为 25 mm, 约为基坑深度的 45%。开挖过程虽经历连续降雨天气, 但侧向位移一直处于合理的范围内, 主要原因有两方面: 一是基坑土层弱渗透性, 无蠕变的产生; 二是变形控制效果较好, 并采用了合理降排水措施。

5 结论

对基坑区周围的地质条件进行了详细的研究, 得出了如下的结论: 基坑区周围的地质条件比较复杂, 因此, 根据工程的具体情况, 确定了北侧和东侧的两个支护方案, 即采用了“放坡式+土钉支护”的支护方式; 西、南两面均为“边坡加桩锚支护”。深基坑工程的位移呈逐步增大的特点, 有些位置的位移偏大, 但位移变化速率偏小; 在此基础上, 根据变形预报结果, 深基坑的后期变形率都为正数, 表明以后的深开挖变形量仍将增大, 但其变化率的数值比较低, 表明深开挖的变形速率不大。通过本项目的研究, 能够准确把握深开挖过程中的土体和支护结构变形特性, 并提出基于此的加固方案, 以便在出现超限时能够及时处理, 防止灾害的产生。

参考文献:

- [1] 刘俊城, 谭勇, 宋享桦, 等. 富水砂土基坑渗水对侧墙变形和周边环境的影响[J]. 浙江大学学报(工学版), 2023, 57(03): 530-541.
- [2] 朱斌. 换乘车站基坑开挖及区间暗挖下穿施工对既有地铁站的变形控制及影响分析[J]. 城市轨道交通研究, 2023, 26(03): 176-180.
- [3] 魏纲, 冯非凡, 朱家烜, 等. 应用伺服钢支撑的邻近盾构隧道车站深基坑开挖实测分析[J]. 自然灾害学报, 2023, 32(01): 93-104.
- [4] 刘腾, 李兆平, 王佳豪, 等. 复杂异形深基坑双环形内支撑体系设计及受力变形特性[J]. 都市快轨交通, 2023, 36(06): 90-98.
- [5] 罗军, 张卢明, 胡建. 紧邻建筑群双圆环内支撑深基坑设计与变形分析[J]. 重庆建筑, 2023, 22(10): 35-37.