

Comparative Research on Different Support Schemes for Basement Foundations of Buildings in Weak Strata

Fei She

Northwest Electric Power Design Institute Co., Ltd. China Power Engineering Consulting Group, Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

With the acceleration of China's urbanization progress, the ground resources are less and less, the use of pile raft foundation of high-rise buildings gradually increased, but most of the eastern cities in China are relatively weak, resulting in more high-rise building foundation engineering deformation is larger, more serious and even affect the safety of surrounding structures, causing structural cracking overall tilt and other phenomena. Aiming at the problem of how to use pile raft foundation reasonably and effectively to improve the bearing capacity of foundation, this paper takes a practical project as an example, compares the supporting effect of raft foundation and pile raft foundation, and reveals the key design problems of the effective number and position of embedded piles in pile raft foundation, in order to provide reference for similar projects.

Keywords

weak formation; pile raft foundation; foundation settlement; surface settlement

软弱地层建筑物地下室基础不同支护方案的对比研究

余飞

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司, 中国·陕西 西安 710000

摘要

随着中国城市化进程的加快, 地面资源越来越少, 使用桩筏基础的高层建筑物逐渐增多, 但中国大部分东部城市地层较为软弱, 导致较多高层建筑物基础工程变形较大, 更严重的甚至影响到周边建构物的安全, 引起结构开裂整体倾斜等现象。针对如何合理有效使用桩筏基础提高基础承载力这一问题, 论文以某实际工程为例, 对比了筏板基础和桩筏基础的支护效果, 并揭示了桩筏基础上嵌入桩有效数量和位置的关键设计问题, 以期为类似工程提供借鉴和参考。

关键词

软弱地层; 桩筏基础; 基础沉降; 地表沉降

1 引言

近年来, 中国城市化发展加速, 地面资源越来越紧缺, 为了提高地面资源利用率, 建筑物高度越来越高, 尤其是在城市软弱地层中的基础建设风险更大^[1]。针对这一典型问题, 各地在建设高层建筑物时不再采用简单的筏板基础, 而是采用搭配长桩的桩筏基础来提高基础承载力, 但嵌入桩的位置及数量的确定需要设计者认真考虑, 在哪些位置设置嵌入桩能够提供更好的承载效果需要深入研究^[2-3]。特别在城市核心区大量建筑物密集存在的环境下, 深基础的支护效果对周边建构物及公共安全是至关重要的。

论文以某市软弱地层中的建筑物地下室基础工程为研究对象, 考虑地层属性和深基础不同支护方案, 研究了基础

支护后的地层变形、基础变形和周边地表扰动范围及其变形, 分析了软弱地层中建筑物基础工程支护中的变形特点和扰动范围, 以期为类似工程施工提供参考。

2 工程概况

本例以某市软弱地层中的建筑物地下室基础工程为研究对象, 该建筑物层高较高, 建筑物自重荷载较大, 因此地下室基础支护必须考虑建筑物重量加载后的安全性。此外, 建筑物附近结构较多为避免影响其他建构物的稳定, 研究筏板基础和桩筏基础不同基础支护方案的不同支护效果, 并通过对比分析基础沉降量、周边地面沉降量等关键指标, 选择出更优的支护方案。

如图1所示, 以基础中心为原点, 建立1/4基础支护模型, 并沿着对称线建立对称约束的边界条件。该处工程所处地层主要为轻度超固结的湖积黏土, 该土层厚度40m, 下方则是硬岩层, 因此形成了几何模型天然边界。所以确定几

【作者简介】余飞(1990-), 男, 中国陕西人, 硕士, 工程师, 从事土木工程研究。

何形状时无需将岩层考虑进去,可直接在粘土层底部施加固定边界即可^[4-5]。模型尺寸取值方面,应当保证计算过程中基础及地层变形不会受到模型边界尺寸的影响,本算例中的模型长×宽×高=75m×75m×40m。

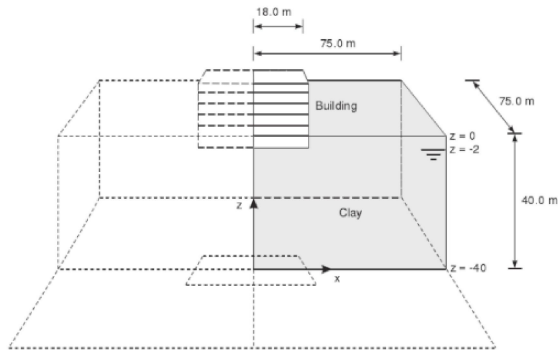


图1 基础建模尺寸三维示意图

支护方案1: 建筑物地平面以下为地下室,地下室基础尺寸为长×宽×高=36m×36m×2m,地下室由地下室墙(厚度0.3m的混凝土)、地下室底板(厚度0.5m的混凝土)、地下室梁(截面积为0.7m的混凝土)、地下室立柱(截面积为0.49m的混凝土)构成,建筑上方荷载通过地下室墙、梁、柱传递到底板,再由底板传递到地层上,其中通过地下室梁传递的竖向线荷载为385 kN/m,通过混凝土立柱传递的点荷载为11650 kN。此外,考虑地下室内可能储藏物品的堆放荷载,则地下室底板上还需考虑5.3 kN/m²的均布荷载,地下室具体尺寸及荷载可以参考图2。

支护方案2: 在支护方案1的基础上,针对地下面积大、立柱少、黏土层较软等不利情况,考虑在地下室立柱及四边的下方施作嵌入桩,以期能够提高基础稳定性,减少基础变形和周边地层变形。嵌入桩共计16根,直径1.5m,桩长20m,为混凝土实心圆桩,经地勘数据可知,该地层中的桩顶最大摩阻力为200kPa,桩底最大摩阻力为500kPa,桩底的基底反力为10⁴kN。

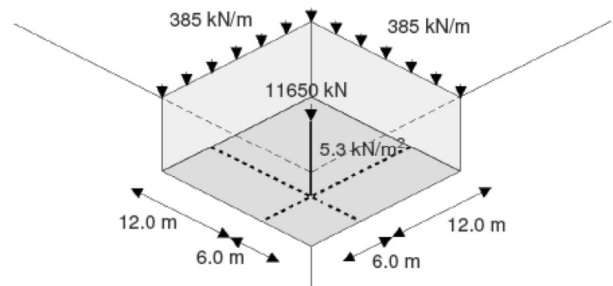


图2 地下室尺寸标注及建筑物荷载图示

支护方案1的开挖及支护计算步骤: ①初始计算步,进行地应力平衡; ②开挖地下室基础,并施作(激活)地下室墙、梁、立柱和底板; ③加载计算步,将建筑物荷载和底板均布荷载激活并计算。

支护方案2的开挖及支护计算步骤: ①初始计算步,进行地应力平衡; ②开挖地下室基础,并施作(激活)地下室墙和嵌入桩; ③施作地下室梁、立柱及底板; ④加载计算步,将建筑物荷载和底板均布荷载激活并计算。

3 计算参数及模型建立

论文采用大型岩土三维有限元计算软件Plaxis3D进行模拟。地层土体采用摩尔库伦本构模型模拟土体特性,地下室墙和底板采用结构单元板单元模拟,地下室梁、立柱采用结构单元梁单元模拟,地下室嵌入桩采用结构单元柱单元模拟。需要注意的是,当在土层中采用结构单元时,由于结构单元不占用土体体积,因此结构单元的重度应当减去土体重度^[6],地层及支护结构物理力学参数如表1和表2所示。

4 模型建立

建筑物地下室基础支护方案1下的计算模型如图3所示,分别是开挖前、开挖并施作地下室墙、施作梁柱及底板、施加荷载共四个计算步骤的模型情况。

基础支护方案2下的计算模型如图4所示,分别是开挖前、开挖并施作地下室墙及嵌入桩、施作梁柱及底板、施加荷载共四个计算步骤的模型情况。

表1 地层模型参数选取

序号	地层	模型	重度 $\gamma / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	弹性模量 E_s / MPa	泊松比 ν' /kPa	内聚力 c' / kPa	内摩擦角 $\varphi' / ^\circ$	剪胀角 ψ' / kPa
1	湖积黏土	摩尔库伦	17.0	1×10^4	0.3	10	30	0

表2 地下室支护结构物理力学参数选取

序号	结构	模型	厚度 d / m	横截面积 A / m^2	重度 $\gamma \text{ false} / (\text{kN} \cdot \text{m}^{-3})$	弹性模量 $E_s \text{ false} / \text{MPa}$	泊松比 $\nu' \text{ false} / \text{kPa}$	桩侧摩阻力 f kPa	桩端反力 F / kN
1	墙	弹性	0.3	—	15.5	3×10^4	0.15	—	—
2	底板	弹性	0.5	—	15.0	3×10^4	0.15	—	—
3	梁	弹性	—	0.70	6.0	3×10^4	—	—	—
4	柱	弹性	—	0.49	24.0	3×10^4	—	—	—
5	嵌入桩	弹性	—	1.77	6.0	3×10^4	—	200-500	10^4

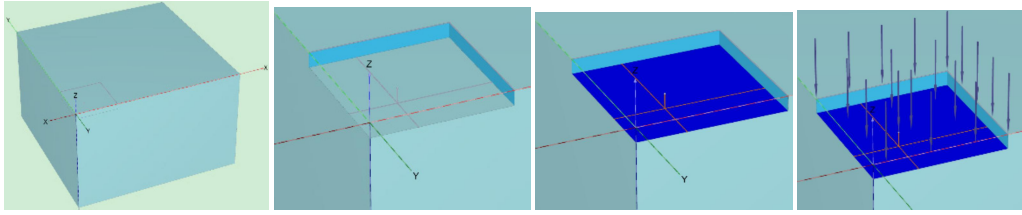


图3 支护方案1的计算模型

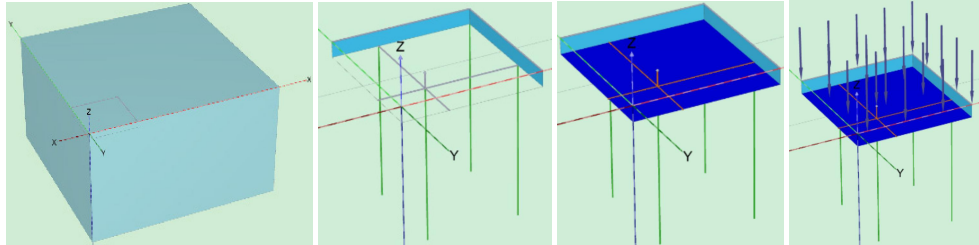


图4 支护方案2的计算模型

5 计算结果分析

5.1 基础位移分析

如图5所示,若采用支护方案1,开挖并施作地下室墙后,地下室基底出现隆起,最大隆起量约为6.8cm;在施作梁、柱、底板后,地下室底板表现为隆起,隆起位移量有所减小,最大隆起量约为5.2cm;施加荷载后,地下室底板表现为沉降,最大沉降量约为-10.5cm。

如图6所示,若采用支护方案2,开挖并施作地下室墙后,地下室基底出现隆起,最大隆起量约为6cm;在施作梁、柱、底板和嵌入桩后,地下室底板表现为隆起,隆起位移量有所减小,最大隆起量约为5.0cm;施加荷载后,地下室底板整体表现为沉降,大部分沉降量为-2cm以内,在地中心立柱处出现最大沉降量约为-6.4cm。嵌入桩的桩体内部承

受的最大轴力为8827kN。

由此可见,采用支护方案2的桩筏基础能够更好地控制基础沉降量,保证结构安全。并且靠近承载立柱或靠近底板中心处的嵌入桩其轴力更大,能够提供更好的支护效果。

5.2 周边地表变形分析

如图7所示,若采用支护方案1,开挖并施作地下室墙后,地表受变形扰动的区域为建筑物周边9.1m范围,地面受扰动后出现隆起,最大隆起量约为2.8cm;在施作梁、柱、底板和嵌入桩后,地表受变形扰动的区域为建筑物周边14m范围,地面依然表现为隆起,隆起位移量有所减小,最大隆起量约为2.4cm;施加荷载后,地面受变形扰动的区域为建筑物周边约12m范围,地面受扰动后表现从隆起变为沉降,地表最大沉降量约为-8.0cm。

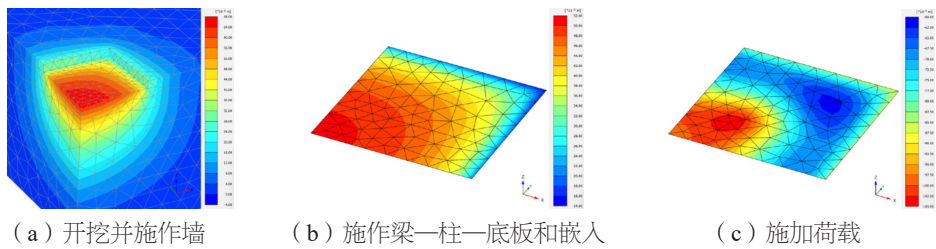


图5 支护方案1基础变形云图

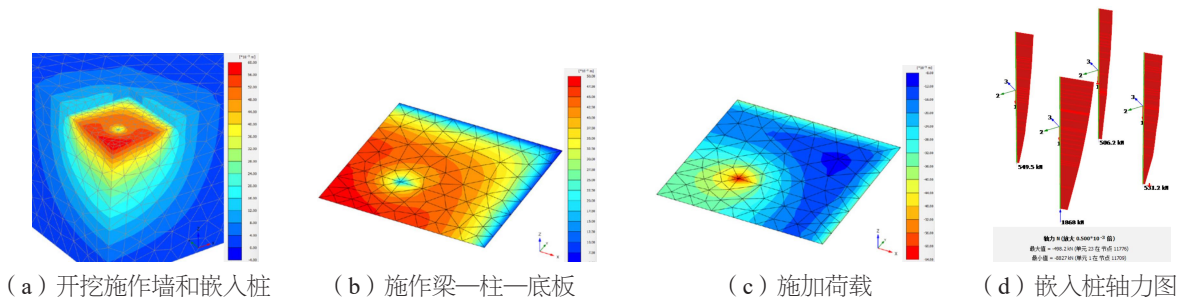


图6 支护方案2基础变形云图

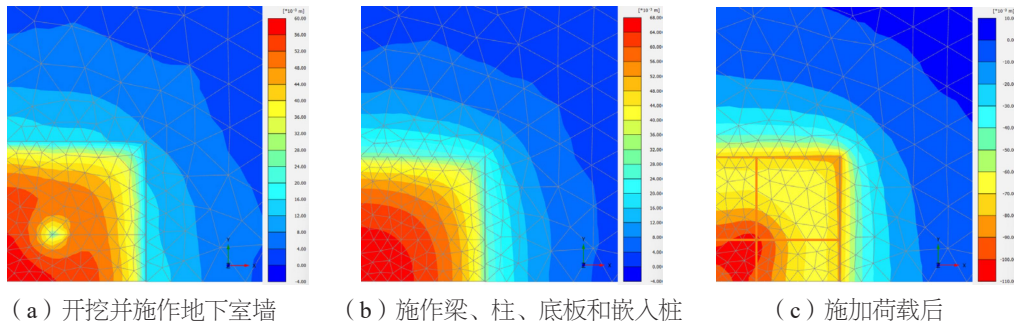


图7 支护方案1 地表变形云图

如图8所示,若采用支护方案2,开挖并施作地下室墙后,地表受变形扰动的区域为建筑物周边7m范围,地面受扰动后出现隆起,最大隆起量约为1.8cm;在施作梁、柱、底板和嵌入桩后,地表受变形扰动的区域为建筑物周边8.7m范围,地面依然表现为隆起,隆起位移量有所减小,最大隆起量约为1.3cm;施加荷载后,地面受变形扰动的区域为建筑物周边约11.5m范围,地面受扰动后表现从隆起变为沉降,地表最大沉降量约为-2.8cm。

由此可见,采用支护方案1 筏板基础下地面扰动范围约为 $0.77B$ (B 为基础宽度),方案2的桩筏基础下地面扰动范围约为 $0.63B$,采用支护方案2的地表扰动范围及地表沉降量均优于方案1。

6 结论

论文以某市建筑物地下室基础工程为研究对象,并借助Plaxis有限元软件进行数值分析,分析基础开挖、支护过程中地层、基础底板及地表的位移变化规律。针对建筑物地下室基础工程计算结果进行深入分析,主要得到以下结论:

①对于地层较差、地下室面积较大、建筑物自重较大的基础工程而言,桩筏基础相比筏板基础能有效减少基础变形和地表沉降。②当地下室面积较大时,应当重点关注基础中心处承重立柱附近的沉降变形,在必要时,应当加密嵌入桩间距增加嵌入桩数量,以达到减少基础沉降的目的。③在桩筏基础上,靠近底板中心或承载立柱的嵌入桩其轴力更大,能够提供更高的基础承载力,为进行桩筏基础设计时提供了相应借鉴。

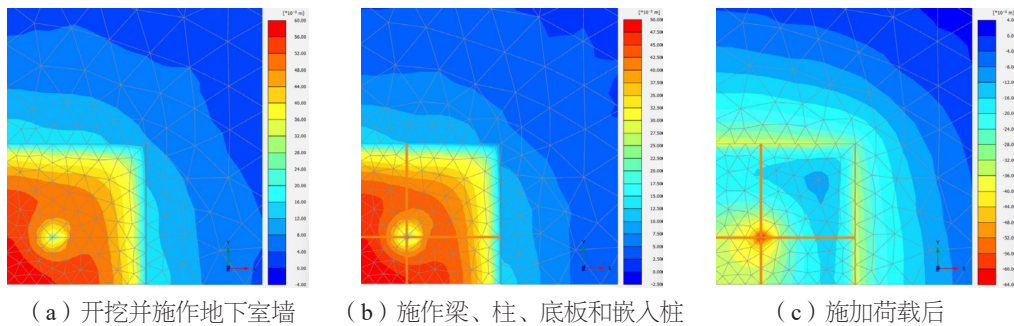


图8 支护方案2 地表变形云图

参考文献

- [1] 杨静海. 建筑工程桩基础设计若干问题的探讨[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2015(29):48-49.
- [2] 李建伟. 桩筏基础的分析与优化设计[J]. 工程建设标准化, 2014(11):26.
- [3] 陈晓燕. 建筑工程软弱地基桩基础施工质量检测研究[J]. 房地产导刊, 2021(30):241-242.
- [4] 李艳. 浅析桩筏基础设计[J]. 建材与装饰, 2019(31):89-90.
- [5] 袁昌宪, 高倩. 简析建筑基础工程建设中软土地基的施工技术[J]. 建材发展导向(上), 2019, 17(10):285.
- [6] 韦松宏. 建筑工程软弱地基的结构基础设计[J]. 建材与装饰, 2015(8):28-29.