

基坑延深开挖复合支护结构有限元模拟

陈亚军, 郭力群, 徐芳超

(华侨大学 土木工程学院, 福建 厦门 361021)

摘要: 考虑基坑的安全性和经济性,采取“人工挖孔桩+钢筋混凝土内支撑”与原支护形成延伸开挖后的复合支护结构.采用 Plaxis 2D 软件对复合支护结构进行有限元数值模拟,分析复合基坑支护结构的受力变形情况.结果表明:支护加固体系的受力和变形均符合延伸开挖的要求,Plaxis 2D 软件分析的结果反映出支护结构的薄弱点.

关键词: 基坑工程; 延伸开挖; 复合支护结构; 有限元; 数值模拟

中图分类号: TU 411 **文献标志码:** A

地下室加层导致了原基坑的设计深度加深.在原基坑工程已经开挖成型或原支护结构已经施工完成的情况下,延伸开挖,必然导致原支护结构不能满足要求.这就面临两种选择:一是舍弃已存在的支护结构,重新设计,这样会造成很大的浪费;二是考虑在原有支护结构基础上进行加固支护,充分利用原有支护结构并发挥其作用,则可以节省基坑工程的投资^[1-2].关于既有支护结构保持不变的情况,延深开挖支护结构加固技术的作用机理和计算方法的研究较少,理论滞后于实践.陈磊等^[3]对某基坑,采用现场试验对原基坑体系进行稳定性评价后,制订了新基坑支护方案.林华国^[4]利用烂尾坑原有的支护体系,采用排桩式连续墙加预应力锚索的支护结构,局部放坡,对原烂尾坑进行加固.蔡海波等^[5]以某特殊基坑工程为背景,采用 FLAC3D 有限元差分软件,对基坑现有支护方案条件下进行延伸开挖.本文采用有限元数值模拟方法,对某既有土钉墙支护结构基坑的延伸开挖加固工程进行数值分析,对基坑二次开挖加固方案的可靠性和合理性进行评价,分析其中存在的薄弱点.

1 基坑工程概况

福建省晋江市某基坑,建筑占地面积约为 4 363 m²,安全等级为一级.原支护结构是按一层地下室进行设计的,深度 4.5 m 左右,采用土钉墙、自然放坡支护体系,设置 4 排土钉,土钉倾角为 15°,长度为 6 m,基坑已开挖至-4.5 m 深处,并闲置约 3 a 时间,支护体及周围环境处于稳定状态.图 1 为原基坑支护结构简图.因建设要求将一层地下室改为两层,基坑开挖深度达 8.24~11.45 m,需要在原有基坑基础上进行 2 次超深开挖.

2 加固方案分析及选型

2.1 基坑加固重点

1) 原基坑开挖放置时间约 3 a,已超出了临时性工程的设计使用年限^[6],须对其进行稳定性评价.

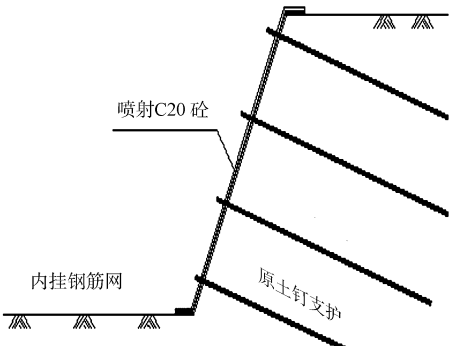


图 1 原基坑支护结构简图
Fig. 1 Supporting structure of original foundation pit

保持在开挖面下 1.0 m 左右^[9].

3.4 基坑开挖过程的模拟

基坑最终的力学效应是前几次开挖力学效应的总和,但并不是单纯的代数和,对最后一个状态与逐步开挖不断叠加各步开挖的成果进行分析,得到的结果是完全不同的^[10]. 因此,计算分析时应采取分步施工过程. 分步加载及施工流程如下:土体开挖;打入土钉;挂钢筋网;喷射砼面层;人工挖孔桩施工(位移归零);内支撑施工;开挖至垫层底设计标高.

3.5 计算结果分析

基坑开挖至垫层底设计标高时的工况,如图 4~7 所示. 通过 Plaxis 2D 软件模拟,最大水平位移为 44.12 mm,最大竖向位移为 38.23 mm;围护桩最大水平位移为 44.13 mm,最大竖向位移为 32.36 mm. 通过程序提供的有限元强度折减法计算,当开挖至垫层底部时,安全系数为 1.25.

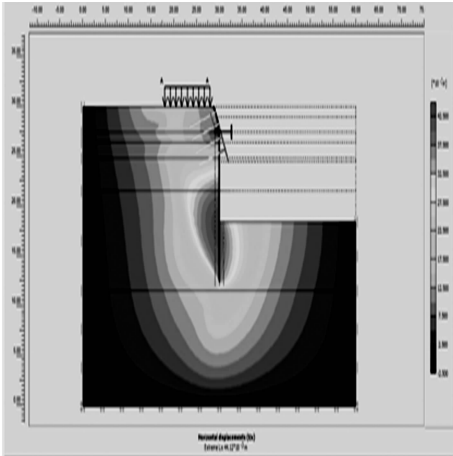


图 4 基坑水平位移变形

Fig. 4 Horizontal displacement of foundation pit

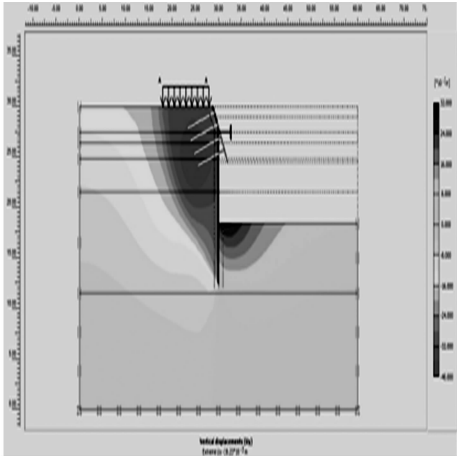


图 5 基坑竖向位移变形

Fig. 5 Vertical displacement of foundation pit

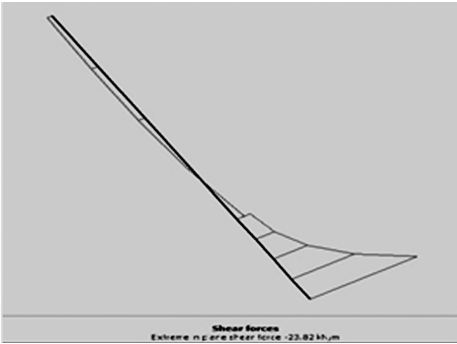


图 6 土钉面层剪力图

Fig. 6 Shear force of soil nailing surface

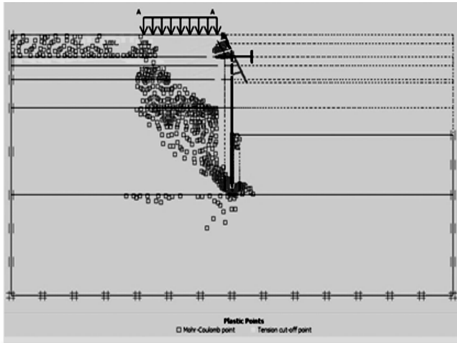


图 7 基坑塑性点图

Fig. 7 Plastic point of foundation pit

由图 4 可知:开挖完成后,水平方向的最大位移发生在基坑底部.

由图 5 可知:竖直方向包括沉降和隆起,基坑外地表沉降主要出现 0~10 m 范围内,最大的沉降量为 34.95 mm;基坑底部隆起主要发生在靠近基坑壁 0~10 m 范围内,最大隆起量为 29.45 mm;基坑最大水平位移发生在基坑底部. 变形实测结果与计算分析结果相近,因此,应用 Plaxis 2D 分析的结构是比较准确可靠的.

由图 6 可知:土钉面层底处剪力值达到最大.

由图 7 可知:开挖到工况 8 的时候,开始出现塑性点;开挖到工况 9 的时候,塑性点不断增多;坑内围护桩处存在塑性点. 这说明基坑底部是薄弱点,宜通过延伸桩长或坑内被动区土加固来更好地控制基坑的位移. 因此,在土钉墙后与围护桩桩顶处的土体随着基坑的开挖,变形逐渐增大,并不断达到屈服点. 分析其原因,主要有以下 2 点.

1) 原基坑采用的支护形式采用的是土钉墙支护,其控制变形能力较差.

2) 新旧支护结构之间没有存在有效的连接加固措施,新旧支护结构刚度变化大,使得连接处存在较大应力,刚度相对较弱的土钉墙产生相对较大的变形。

4 结论

1) 在原有基坑支护上进行加深开挖,使得原有结构的受力状态发生变化,这已经无法满足实际要求,需要对原基坑支护方案采取加固措施,并新增支护结构以满足加深后基坑稳定和变形要求。

2) 对于二次超深开挖,在旧支护结构与新支护结构之间存在协同工作的问题,选择合适的分析方法对支护加固设计非常关键。一般设计软件仅能计算整体结构的受力和变形,未能反映延深结构的实际工作状态。

3) 利用 Plaxis 2D 进行有限元数值模拟分析,可发现支护结构的薄弱点,并为基坑的位移控制提供参考。因此,应用 Plaxis 2D 有限元软件能够较准确、可靠地模拟基坑二次加深开挖支护结构设计。

参考文献:

- [1] 吴铭炳,林颖孜,戴一鸣,等.软土地基地下室加层的基坑支护[J].岩土工程学报,2010,32(S1):210-214.
- [2] 吴铭炳,戴一鸣,林颖孜,等.基坑加深的加固措施及其效果[J].岩土工程学报,2010,32(S2):459-462.
- [3] 陈磊,宋燕伟,孟宪儒,等.既有深基坑加固改造工程施工[J].建筑技术,2012,43(6):491-493.
- [4] 林华国.某烂尾基坑设计与施工实践[J].山西建筑,2012,38(16):67-69.
- [5] 蔡海波,吴顺川,周瑜,等.既有基坑延伸开挖稳定性评价与支护方案确定[J].岩土力学,2011,32(11):3302-3312.
- [6] 中华人民共和国行业标准编写组.JGJ 120—2012 建筑基坑支护技术规程[S].北京:中国建筑工业出版社,2012:136.
- [7] 姚桂嘉,郭力群,黄剑兵,等.中南方基坑内支撑支护体系比选[J].福建建筑,2011(10):9-12.
- [8] 张如林,徐奴文.基于 PLAXIS 的深基坑支护设计的数值模拟[J].结构工程师,2010,26(2):131-136.
- [9] 尹骥.小应变硬化土模型在上海地区深基坑工程中的应用[J].岩土工程学报,2010,32(S1):166-172.
- [10] 武亚军,栾茂田,杨敏.深基坑土钉支护的弹塑性数值模拟[J].岩石力学与工程学报,2005,24(9):1550.

Finite Element Simulation of Composite Supporting Structure for Deepening Excavation of Foundation Pit

CHEN Ya-jun, GUO Li-qun, XU Fang-chao

(College of Civil Engineering, Huaqiao University, Xiamen 361021, China)

Abstract: Considering the safety and economy, the composite supporting structure of the 'pile + reinforced concrete interior support' reinforcement form and the original supporting system were adopted. The software Plaxis 2D was used to simulate the deformation of the composite foundation pit supporting structure. The results show that both stress and deformation of the reinforced system meet the requirement of deepening excavation, and the vulnerable points are also pointed out.

Keywords: foundation pit engineering; deepening excavation; composite supporting structure; finite element method; numerical simulation

(责任编辑: 陈志贤 英文审校: 方德平)