

Research on the Effect of External Load on Foundation Pit Slope Support Based on Rationality

Jinghui Wang¹, Lian Tang^{1,2*}, Menglong Shan³

¹School of Civil and Hydraulic Engineering, Ningxia University, Yinchuan Ningxia

²Engineering Research Center for Efficient Utilization of Modern Agricultural Water Resources in Arid Regions, Ministry of Education, Yinchuan Ningxia

³Suzhou Zhongyan Survey Co., Ltd., Suzhou Jiangsu
Email: 2782270181@qq.com, *nxdxtl@126.com

Received: Apr. 15th, 2020; accepted: May 7th, 2020; published: May 14th, 2020

Abstract

There are usually construction materials, vehicles and other loads around the foundation pit, which affects the safety of the foundation pit. Taking the foundation pit design of a project in Yangzhou as an example, based on the analysis of the rational software, the effects of the external load on the horizontal displacement of the foundation pit support structure, the settlement outside the pit and the overall stability are studied. The results show that the load size is positively correlated with the horizontal displacement and surface settlement of the foundation pit support structure within the depth of 3 times foundation pit. When the external load is lower than 20 KPa, the foundation pit as a whole satisfies the stability check. When the external load is higher than 30 KPa, the overall foundation pit does not satisfy the stability check, which is not conducive to the safety and stability of the foundation pit.

Keywords

Foundation Pit, Uniform External Load, Pile Anchor Support, Ground Settlement, Horizontal Displacement

基于理正研究外荷载对基坑边坡支护的影响

王景辉¹, 唐 莲^{1,2*}, 单梦龙³

¹宁夏大学土木与水利工程学院, 宁夏 银川

²旱区现代农业水资源高效利用教育部工程研究中心, 宁夏 银川

³苏州中岩勘察有限公司, 江苏 苏州

*通讯作者。

摘要

基坑周边通常存在着建筑材料、车辆和其他荷载的情况,影响基坑安全。以扬州某项目基坑围护设计为例,基于理正软件进行分析,研究坑外均布荷载对基坑支护结构整体稳定性、坑外地表沉降、以及水平位移的影响。研究表明:在三倍基坑深度范围内,坑外均布荷载与基坑支护结构的地表沉降、水平位移呈明显正相关。外荷载低于20 KPa时,基坑整体满足稳定性验算。当外荷载高于30 KPa时,基坑整体不满足稳定性验算,不利于基坑安全稳定。

关键词

基坑, 均布外荷载, 桩锚支护, 地表沉降, 水平位移

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

伴随着城市化进程的进一步深入,新建建筑物与市政设施之间的相互影响越来越紧密,由基坑开挖引起的安全问题和环境污染问题越来越突出。同时基坑工程项目与日俱增,关于该方面的研究也如火如荼,但基坑外荷载对基坑边坡支护的研究相对较少,该研究也越发重要[1]。另外城市轨道交通发展迅速,建筑用地位置越来越多元化,使建筑用地旁往往被设置在轨道交通旁边,而轨道交通旁边的基坑,特别是呈现“大-深-紧-近”特点的深基坑工程越来越多[2]。随着社会进一步发展城市的建筑用越来越稀少,另外对建筑施工水平的要求越来越严格,为了确保新建工程的安全使用和既有线路的正常运行已经成为了目前重要的研究热点。相比地震传播那样给建筑物带来直接伤害,一般汽车等动荷载造成的伤害相对较弱,然而汽车等荷载具有周期性、持久性等特性,距离公路较近的建筑物在承受较长时间的动荷载后就会发生较大破坏。若基坑处于地面超载且有车辆动荷载时,基坑就会受到极其严重的破坏[3]。目前针对车辆重型化发展给基坑工程带来的影响工程建设部门已经引起了高度重视。

本文采用理正软件,研究坑外荷载大小对基坑外地表沉降、水平位移变形、整体稳定性和锚杆轴力的影响,分析基坑工程中出现的重点、难点问题,进一步优化基坑设计方案,不断提升基坑工程的稳定性、安全性、耐久性。

2. 模型工程概况

2.1. 工程概况

工程位于扬州市运河北路以东,安康路以南,左临运河东路,右临京杭大运河,具体位置如图1所示,由于该项目地理位置特殊,周围有大量居民楼和商铺,且项目外的市政道路均需保持正常运行,另外道路每天通行的人员和车辆非常多,并且相关市政设施(如雨水管道、污水管道、通信电缆等)十分密集。

该基坑围护周长 800 m，宽 23.75 m，开挖深度 8.4 m，依据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012) [4] 认定本工程基坑侧壁安全等级为二级。



Figure 1. Project location

图 1. 工程位置图

2.2. 支护结构选型

基坑支护结构采用钻孔灌注桩加锚索围护联合挂网喷浆支护，支护位置在基坑西侧和北侧，钢筋砼灌注桩作为支护桩，桩直径 0.8 m 间距 1.3 m 嵌固深度 21 m，整体采用 C30 混凝土，泊松比 0.25，弹性模量 28 GPa。一道 1 m × 0.8 m 的钢筋砼冠梁设在支护桩顶部，冠梁与支护桩桩顶浇筑在一起，且预应力锚索总共设 1 排，水平间距为 2.6 m，竖向间距为 0.4 m，详见图 2 支护结构剖面图，所有锚索均采用一桩一锚的装载形式，用锚索代替内支撑使得施工便捷、降噪环保、造价经济，同时由于本项目基坑暴露时间相对不长，所以未设置内支撑。工况 1 为在不加支撑的情况下开挖 1.9 m，工况 2 为在 0.4 m 处加支撑，工况 3 为开挖至 8.4 m。

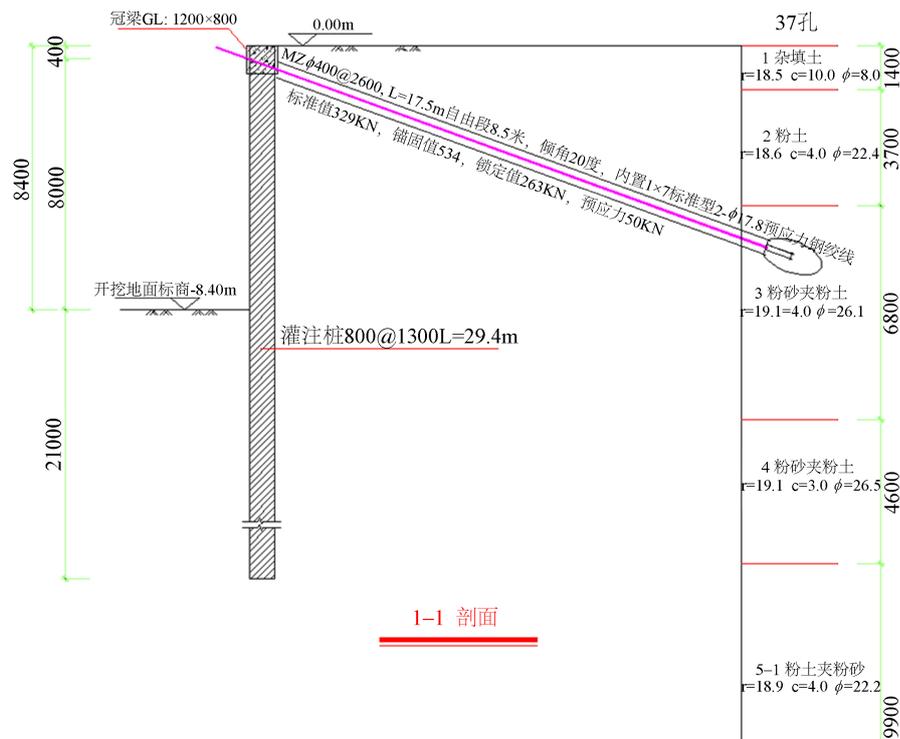


Figure 2. Sectional view of support structure

图 2. 支护结构剖面图

3. 理正计算参数

表 1 为该工程地基土层概况及计算参数, 依据《建筑基坑支护技术规程》JGJ120-2012 [4], 采用朗肯理论进行土压力计算, 模型为弹性支点法土压力模型。

在基坑开挖之前, 选取基坑边不同荷载位置的深层水平位移与断面竖向沉降位移监测点进行监测, 按照设计开挖工况在 0.4 m 处增设一道锚索, 在养护期结束后再进行开挖下层土方, 直至开挖到基坑底标高, 当基坑开挖至坑底后对荷载不同位置加密监测, 随着基坑外均布荷载逐级增大, 基坑围护结构的水平侧位移及断面沉降点沉降值显著增大, 局部荷载较大处临时施工道路存在裂缝并呈现发展趋势, 随着垫层的封闭浇筑及地下室底板的施工, 水平位移及地面沉降量得到控制, 在整个施工过程中通过对不同荷载作用下的深层水平位移与断面竖向沉降位移的监测值与计算值的对比分析, 其计算结果及发展趋势与实际相近。

Table 1. Overview of soil layers and calculation parameters

表 1. 土层概况及计算参数

层号	土类名称	层厚 m	重度 kN/m ³	浮重度 kN/m ³	粘聚力 KPa	内摩擦角 /°	与锚固体摩 擦阻力 kPa	粘聚力 水下/KPa	内摩擦角 水下(度)
1	杂填土	1.40	18.5	---	10.00	8.00	18.0	---	---
2	粉土	3.70	18.6	---	4.00	22.40	50.0	---	---
3	粉砂	6.80	19.0	9.0	4.00	26.10	50.0	4.00	26.10
4	粉砂	4.60	19.1	9.1	---	---	50.0	3.00	26.50
5	粉土	9.90	18.9	8.9	---	---	50.0	4.00	22.20
6	粉土	4.00	18.8	8.8	---	---	50.0	4.00	25.70
7	粉砂	6.80	18.8	8.8	---	---	50.0	4.00	26.20

4. 理正计算结果及荷载对基坑影响分析

4.1. 不同载重下锚杆轴力变化分析

图 3 为不同均布坑外荷载作用下锚索受到的最大轴力图, 从图中可以看出, 随着基坑外荷载增加锚索的轴力不断增加。通过软件计算坑外均布荷载分别为 10 KPa、20 KPa、30 KPa、40 KPa 时, 对应的最大轴力分别为 284.55 KN、329.27 KN、37991 KN、431 KN。载重由 1 t/m² 增加到 4 t/m² 时, 锚杆轴力变化值比 1 t/m² 增加到 2 t/m² 时明显要大, 其主要原因是载重是影响基坑边坡稳定最主要的因素, 随着载重的增加支护结构的内力变化越明显, 设计施工时须注意。

4.2. 基坑水平位移变化分析

图 4 为不同(10 KPa、20 KPa、30 KPa、40 KPa)均布坑外荷载作用下, 3 种不同工况处, 基坑支护结构水平位移对比。从图中可以看出, 未加支撑(工况 1)情况下基坑水平位移量比在距离基坑顶部 0.4 m 处加支撑(工况 2)大, 说明支撑对基坑水平位移有很好约束作用。支撑在距离基坑顶部 8.4 m 处加支撑(工况 3)比在距离基坑顶部 0.4 m 处加支撑(工况 2)大, 说明随着开挖深度的增加支撑的约束作用在逐渐减小, 故对于较深的基坑需要增加支护结构来保证基坑稳定。

通过软件计算, 在分别施加 10 KN、20 KN、30 KN、40 KN 的均布外荷载后, 根据不同工况情景下基坑围护的最大水平侧位移分别为 -29.13 mm、-36.5 mm、-45.2 mm、-53.9 mm [5], 说明随着基坑外所施加均布荷载的逐级增大基坑围护结构的最大水平侧位移也逐步增大。值得注意的是, 当坑外均布荷载

取值为 30 kN 时, 围护结构不同工况情景下最大水平侧位移比外荷载为 20 kN 时大 9 mm。当坑外均布荷载为 40 kN 时, 围护结构不同工况情景下最大水平侧位移比外荷载为 20 kN 时大 17.4 mm, 此两种状况下, 基坑整体稳定性安全系数不满足规范要求。

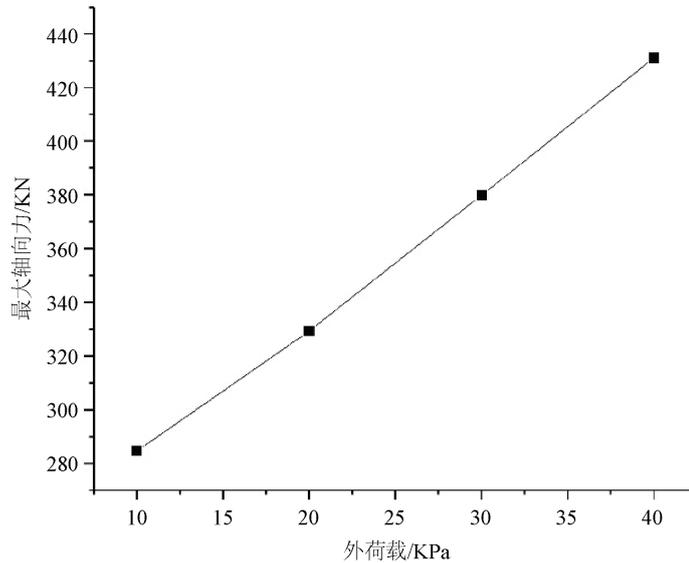


Figure 3. Maximum axial force of anchor cable under different external loads

图 3. 不同外荷载下锚索最大轴力

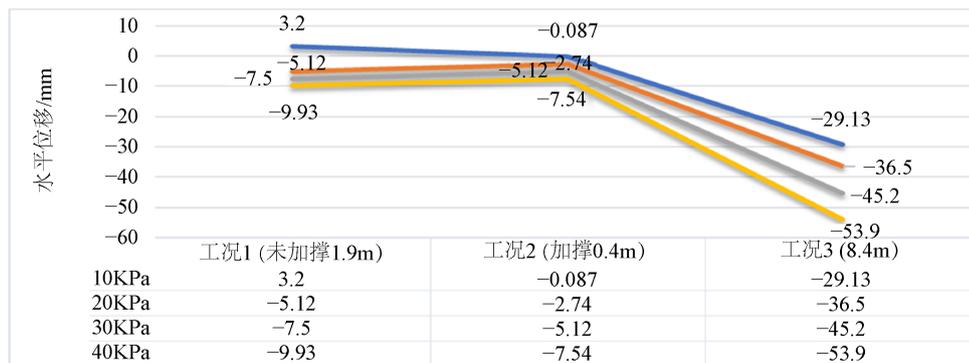


Figure 4. Maximum axial force of anchor cable under different external loads

图 4. 不同外荷载下锚索最大轴力

4.3. 坑外地表沉降变化分析

图 5 为基坑外不同均布荷载下基坑周边地表沉降量变化图。从图中看出, 随着基坑外均布荷载的增加, 基坑周边地面沉降量就越大, 呈现出明显的线性关系。其中基坑外均布荷载为 10 kPa、20 kPa、30 kPa、40 kPa 时, 基坑周边地面最大沉降量分别为 45、42、61、70 cm。从数据可以看出, 若坑外荷载超过限定值, 基坑会发生较大沉降变形, 直接影响基坑稳定性和施工人员的生命安全。

4.4. 基坑整体稳定性分析

设计的基坑支护体系需进行稳定性验算, 依据《建筑基坑支护技术规程》(JGJ120-2012)规定, 需对

桩锚支护结构的基坑进行整体滑动稳定性的验算[4]。

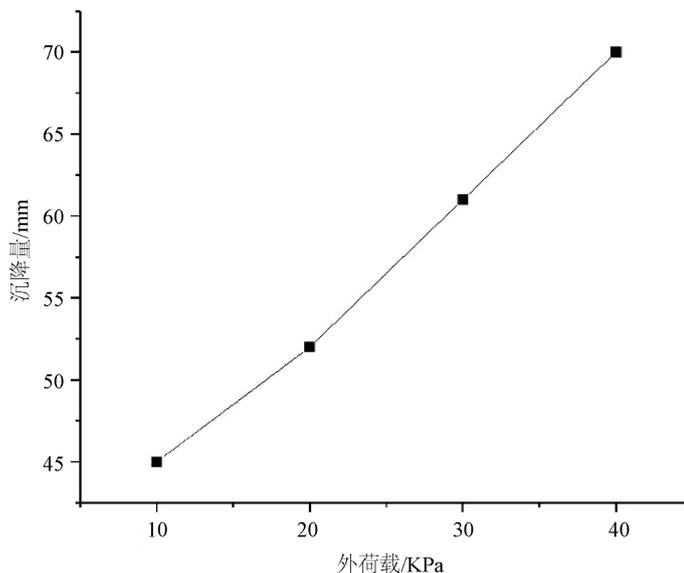


Figure 5. Ground settlement under different external loads

图 5. 不同外荷载下地表沉降量

用圆弧滑动分条法对锚拉式支挡结构进行整体稳定性验算，极限平衡法为该法的原理，是我国整体稳定性验算的常用方法，圆弧滑动的稳定安全系数是通过对不同潜在滑动圆弧进行计算得出的[6]。

表 2 为不同外荷载下基坑整体稳定安全系数。外荷载为 10 KPa 和 20 KPa 时，基坑整体稳定安全系数 K_s 均大于 1.3，即支护结构在测试范围内较安全，基坑不会发生滑动失稳现象[3]。但是，外荷载为 30 KN 和 40 KN 时，基坑整体稳定安全系数 K_s 均小于 1.3，即支护结构在测试范围内不安全，基坑整体可能发生滑动失稳现象。

Table 2. Safety factor of overall stability of foundation pit under different external loads

表 2. 不同外荷载下基坑整体稳定安全系数

外荷载/KPa	基坑整体稳定安全系数 K_s
10	1.373
20	1.323
30	1.278
40	1.237

5. 总结

本文以扬州市某基坑工程为背景，通过理正软件进行分析，探讨了该工程外荷载对锚杆轴力和支护位移的影响。再通过相关文献比对分析，得出该工程基坑支护结构内力及变形的相关规律，结论如下：

(1) 基坑外围均布荷载大小对基坑围护结构的水平侧位移有显著影响。3 倍基坑开挖深度范围内，均布荷载逐级增大，基坑围护结构的水平侧位移逐步增大。

(2) 基坑外围均布荷载大小对基坑围护结构的坑外地表沉降有显著影响。3 倍基坑开挖深度范围内，均布荷载逐级增大，基坑围护结构的坑外地表沉降逐步增大。

(3) 外荷载高于 30 KPa 时, 整体稳定性系数较外荷载 20 KPa 基坑整体会发生滑动失稳现象, 值得相关工作人员注意, 避免发生意外事件。

参考文献

- [1] 谢雄耀, 郁宏杰, 王庆国, 王承. 基坑开挖引起下卧既有电力隧道变形的控制技术研究[J]. 岩土工程学报, 2014, 36(1): 88-97.
- [2] 应宏伟, 杨永文, 胡安峰, 谢康和. 软土某深基坑开挖的实测性状和环境效应分析[J]. 土木工程学报, 2011, 44(S2): 90-93.
- [3] 李二超, 杨逾, 常泳涛. 动荷载对基坑边坡支护体系影响数值研究[J]. 公路, 2018, 63(12): 6-11.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. JGJ120-2012 建筑基坑支护技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [5] 李玉岐, 周旋, 谢康和. 坑外荷载对软土地区基坑开挖变形性状的影响[J]. 建筑科学与工程学报, 2016, 33(4): 97-102.
- [6] 苏敏贤. 预制管桩在深基坑支护中的应用[J]. 中国水运(下半月), 2016, 16(11): 267-268.