

深基坑开挖临近既有道路的力学响应研究分析

刘摇望

湖南旭源建筑工程有限公司 湖南长沙 410007

摘要: 为了研究某深基坑施工临近道路的安全性,采用有限差分 FLAC^{3D} 软件建立数值模型,模拟基坑开挖与车辆荷载作用下其水平位移、临近道路路面沉降变形特征,同时还探讨锚索长度与安置角度对基坑变形的影响。研究表明:该基坑施工引起其最大水平位移为 26.51mm,满足有关规范对安全要求;基坑开挖作用下,临近基坑的城市便捷道路最大横向差异沉降值为 24.11mm;另外,对基坑支护结构设计优化时应共同调整锚索安置角度与长度。

关键词: 深基坑; 安全性; 道路; 车辆荷载

Research and analysis of mechanical response of deep excavation adjacent to existing road

Yaowang Liu

Hunan Xuyuan Construction Engineering Co., Ltd; Changsha, Hunan, 410007

Abstract: In order to study the safety of the adjacent road during the construction of a deep foundation pit, a numerical model was established by using the finite-difference FLAC3D software to simulate the horizontal displacement and the settlement deformation characteristics of the adjacent road surface under the excavation and vehicle load, and the influence of the length of anchor cable and the positioning Angle on the deformation of the foundation pit was also discussed. The results show that the maximum horizontal displacement caused by the foundation pit construction is 26.51mm, which meets the safety requirements of relevant codes. Under the action of foundation pit excavation, the maximum transverse differential settlement value of the urban convenient road near the foundation pit is 24.11mm. In addition, the Angle and length of the anchor cable should be adjusted when designing and optimizing the foundation pit supporting structure.

Key words: Deep foundation pit; Security; The road; Vehicle load

一、工程概述

1.1 工程概况

某项目建设设计基坑工程开挖建设,其基坑紧邻市政公路(基坑南侧)、地下天然气管道与已建成建筑物等。项目建设基础采用桩筏基础,基坑开挖范围总面积约 2800m²,开挖深度在 9.0m~13.8m 之间,基坑支护剖面见图 1。

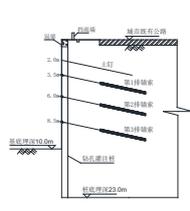


图 1 基坑支护结构剖面图

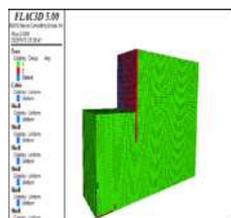


图 2 基坑开挖模型

二、三维数值模型建立

2.1 计算参数选取

根据勘察报告,地下水位位于基坑底设计标高以下,故建立三维分析模型无需考虑地下水影响。基坑垂直开挖的方式施工,采用“桩锚+土钉”再对基坑壁喷射混凝土面层的结构支护。另外,基坑土层参数及支护结构参数见表 1 和表 2。

根据桩墙抗弯刚度等效原则^[1],将灌注桩按照(1)式进行转化成相应厚度地下连续墙,达到提高数值计算效率。

$$h = \left(\frac{3\pi D^4}{16d} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (1)$$

上式, h—等效后地下连续墙厚度; d—桩间距; D—桩直径。在本文中,经计算得 h=0.32m。

表 1 土层物理力学计算参数

土层名称	本构模型	厚度 /m	重度 /(kN · m ⁻³)	压缩模量 / MPa	泊松比	粘聚力 / KPa	内摩擦角 / °
------	------	-------	-----------------------------	------------	-----	-----------	----------

杂填土		6.5	16.0	12	0.30	12.0	10
粉土夹粉砂	Mohr-Coulomb	12.8	17.0	16	0.30	12.3	22
粉砂		24.0	19.2	40	0.25	10.0	30

表 2 支护结构计算参数

结构名称	本构模型	重度 / (kN·m-3)	弹性模量 / GPa	泊松比	截面面积 /m ²	施加预应力 /KN
微型桩		24.0	50	0.20	3.10X10 ⁻²	-
土钉	弹性	24.0	75	0.20	7.85X10 ⁻³	-
锚索		25	150	0.3	1.77X10 ⁻²	60
混凝土面层		23.0	20	0.25	-	-

2.2 汽车荷载参数值确定

车辆在行驶过程中产生波动的效应主要因路基路面平整度引起的, 而车辆振动作用对邻近基坑支护结构又存在一定影响。因此, 为了考虑车辆荷载作用下对邻近基坑支护结构的振动影响, 本文采用正弦荷载模拟车辆荷载^[2], 其荷载形式表示为:

$$F(t) = p_0 + p \sin(\omega t) \quad (2)$$

上式, P_0 为汽车的重力荷载, 城市公路可取值为 15KN; p 为车辆荷载幅值, $p = M_0 \alpha \omega^2$; M_0 为簧下质量, 取值为 $120N \cdot s^2 / m$; α 为几何不平顺矢高, 可取值 2mm; ω 为振动频率, 其 $\omega = 2\pi v / L$, v 为汽车速度, L 为汽车长度。

2.3 数值模拟工况分析

模型的长(x方向)、宽(y方向)及高(z方向)分别为 65m、10m 及 25m, 土体与等效后的地下连续墙采取三维实体单元模拟, 土钉与混凝土面层分别采用 Cable 与 shell 单元, 基坑开挖支护模型见图 2。

本基坑施工严格按照施工方案开展作业, 施工顺序大致为工况 1~ 工况 6。其中, 工况 1: 钻孔灌注桩与冠梁施工; 工况 2: 开挖至 2.5m, 植入土钉; 工况 3: 开挖至 4.0m, 植入第 1 排锚索; 工况 4: 开挖至 6.5m, 植入第 2 排锚索; 工况 5: 开挖至 9.0m, 植入第 3 排锚索; 工况 6: 开挖至基坑标高。

三、模拟结果分析

在基坑支护结构中, 桩锚索、土钉能够有效的抑制基坑的水平与竖向变形, 为了揭示支护结构中作用机理, 分别提取正常工况(临近道路行驶车速 $v = 40km / h$ false, 车身长度 $L = 6m$, 土钉长度 $L_1 = 12m$, 锚索长度 $L_1 = 18m$)下基坑南侧支护结构(地下连续墙)水平位移值与临近道路路面沉降值。

3.1 地下连续墙支护结构水平位移分析

在基坑工程中, 支护结构的水平位移值一直是衡量

基坑安全性的标准。根据数值模拟计算显示, 在工况 1~3 对应的地下连续墙水平变形不明显, 而其变形较大发生于工况 4~6, 即分析基坑开挖深度在 6.5m、9.0m 与 10.0m 时地下连续墙水平位移情况, 基坑南侧地下连续墙水平位移曲线见图 3。

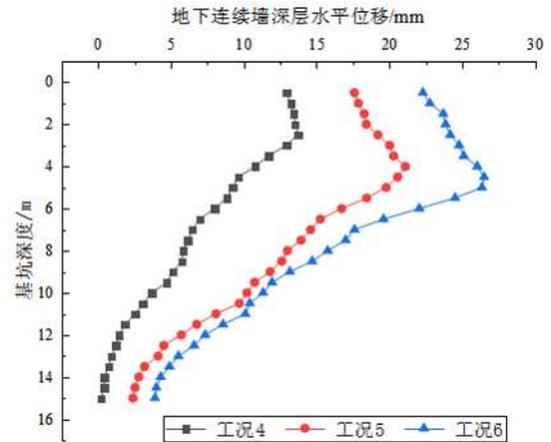


图 3 基坑南侧连续墙支护结构水平位移

在完成工况 4 施工, 地下连续墙最大水平位移达到 13.7mm, 其深度位于约基坑深度 2.5m 处; 完成工况 5 施工, 地下连续墙最大水平位移达到 21.1mm, 其值位于基坑深度 4m 处; 在开挖至基坑底标高(工况 6), 地下连续墙最大水平位移达到 26.51mm, 发生最大值位于基坑深度 4.5m 处。另外, 根据相应的基坑规范^[3], 对于二级基坑的支护结构最大水平位移允许值为 0.01H (H 为基坑开挖深度), 本工程基坑开挖深度为 10m, 则支护结构最大水平位移允许为 100mm, 由此可见, 本基坑南侧支护结构偏于安全状态。

3.2 既有道路路面沉降分析

提取基坑工况 4~ 工况 6 开挖完成后的既有道路路面沉降值见图 4。

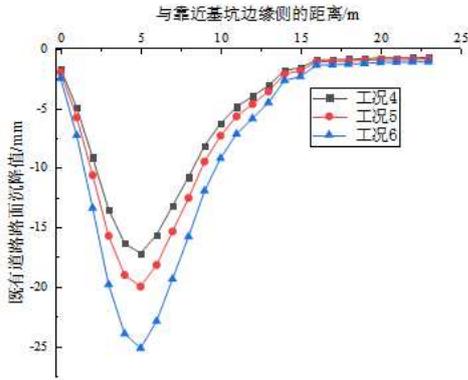
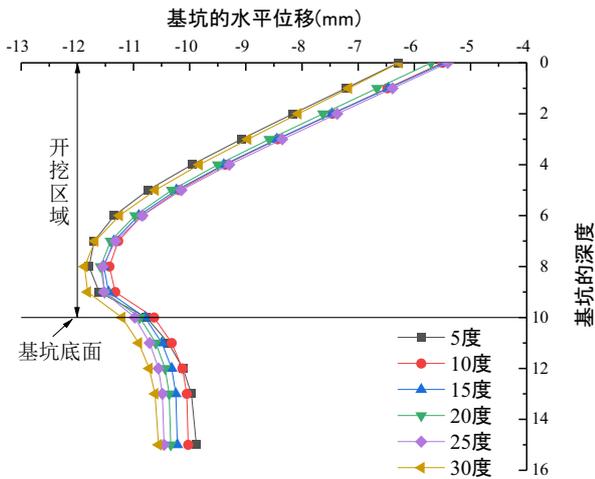


图 4 基坑分层开挖后既有道路路面沉降曲线

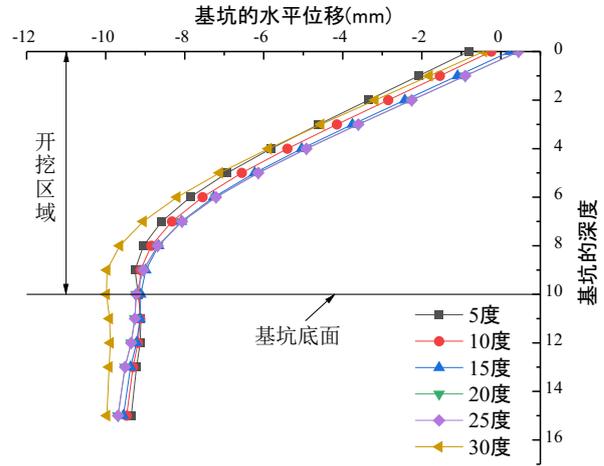
基坑开挖引起其临近路面的沉降, 沉降曲线呈“勺子”型, 其主要缘于: 基坑开挖, 打破原有力学平衡, 使得基坑周围的土体存在能量, 引发基坑以外的土体(如临近基坑公路路基)向开挖区域内滑动, 故造成基坑外表产生沉降作用。图 4 中显示, 在工况 4~6 作用下, 引起既有城市道路路面对应的最大沉降值分别为 17.21mm、20.01mm 与 25.21mm, 随后远离左侧路面地表沉降又逐渐减小; 另外, 在工况 4~6 作用下的既有道路路面对应最小沉降值分别为 0.75mm、0.87mm 与 1.10mm, 采用路面沉降最大值减去路面最小沉降值, 获取工况 4~6 对应的横向沉降差异值分别为 16.46mm、19.14mm 与 24.11mm。

3.3 锚索角度与长度对基坑水平位移影响

如图 5, 锚索不同安置倾角与长度对基坑支护结构水平影响较大。当锚索长度一定时, 在 30 度安置倾角下, 开挖区域内的基坑水平位移为最大, 而在安置倾角为 25 度时, 开挖区域内基坑水平位移最小, 两者最大值相差约 2.72%; 另外, 锚索长度 40m 比锚索长度 30m 植入基坑土体中, 其较长者对基坑水平位移起到明显的抑制作用。



(a) 锚索长度 30m



(b) 锚索长度 40m

图 5 植入锚索不同倾角度下基坑的水平位移曲线对比图

根据数值模拟, 在锚索长度 30m 和 40m 作用下分别绘制出等效地下连续最大水平位移与锚杆安置角度的关系曲线图, 并对其进行拟合方程, 如图 6 所示, 拟合的方程分别见 (3) 与 (4) 式。

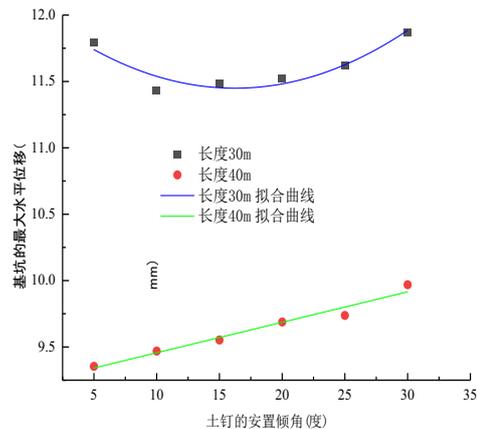


图 6 锚索倾角度与最大位移关系

锚索长度为 30m 时, 随着锚索的倾角度增加, 基坑的水平位移值呈开口向上的抛物线性状, 其当土钉安置倾角处于 10 ~ 25 度范围内时, 基坑的水平位移处于较低的水平值, 各安置角度对应的位移相差不大。而锚索长度为 40m 时, 随着锚索的倾角增加, 基坑的水平位移值近似地呈线性增加, 土钉安置倾角 10 ~ 25 度已不是最优的范围。由此可见, 在设计及施工中一味地改变单变量值不是合理的措施, 就复合支护墙而言, 锚索的长度与植入倾角是共同支配基坑的水平位移。

$$y = 0.0023x^2 - 0.07473x + 12.05601 \quad (3)$$

$$y = 0.02296x + 9.22687 \quad (4)$$

(4) ~ (5) 式中, y —为基坑支护结构最大水平位移 /mm; x —为锚索安置角度。

四、结论

(1) 在本基坑工程中, 基坑开挖至基底标高后其地下连续墙最大水平位移值为 26.51mm, 按照现行规范要求, 其变形值满足安全要求;

(2) 基坑开挖引起周围土体向基坑内部移动趋势, 因此造成基坑临近道路路面沉降曲线呈出“勺子”形状, 且路面横向差异沉降值较大。

(3) 对基坑采用“桩锚+土钉”复合支护结构, 在进行支护结构设计优化时, 不宜单一改变支护物件的物理量, 尽可能对支护结构进行系统性的优化。

参考文献:

[1] 黄明辉, 陈乐意. 基于桩锚支护的基坑锚杆安置倾角优化分析 [J]. 南昌航空大学学报 (自然科学版), 2018(2).

[2] 叶柯志. 邻近公路的深基坑钢板桩围护结构变形响应分析 [J]. 土工基础, 2022, 36(04): 547-550+558.

[3] DB11/489-2007, 建筑基坑支护技术规程 [S].

作者简介: 刘摇望 (1986—) 男, 湖南邵东市人; 中级工程师, 本科, 主要从事市政公用工程 / 建筑工程施工管理工作; email:75365205@qq.com