



一种用于永久边坡双排桩支护体系简化计算模型的研究

刘成军, 王一兆, 陈俊生, 张旭群, 张荣辉, 陈仕洪, 谭宜玮

引用本文:

刘成军,王一兆,陈俊生,张旭群,张荣辉,陈仕洪,谭宜玮. 一种用于永久边坡双排桩支护体系简化计算模型的研究[J]. *应用科技*. 2022, 49(3): 106–112.

LIU Chengjun,WANG Yizhao,CHEN Junsheng,ZHANG Xuqun,ZHANG Ronghui,CHEN Shihong,TAN Yiwei. Research on a simplified calculation model of double row pile supporting system for a permanent slope[J]. *Applied science and technology*, 2022, 49(3): 106–112.

在线阅读 View online: <https://dx.doi.org/10.11991/yykj.202106001>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

深基坑无支撑支护技术及其稳定性分析

Non-prop retaining technology and stability analysis of deep foundation pit

应用科技. 2021, 48(6): 116–120 <https://dx.doi.org/10.11991/yykj.202104001>

关于管端瞬态流的结构动力分析研究

The structure dynamic analysis of piping system under fluid thrustforce acting at the break location

应用科技. 2021, 48(5): 105–109 <https://dx.doi.org/10.11991/yykj.202106049>

隧道施工对既有高压电塔的影响分析及数值模拟研究

Study on the influence of tunnel construction on the existing high voltage pylon and numerical simulation

应用科技. 2021, 48(6): 109–115,126 <https://dx.doi.org/10.11991/yykj.202103005>

多浮体结构物极限强度的组合箱型梁计算方法

Calculation method of combined box beam on ultimate strength of multi-body structure

应用科技. 2018, 45(1): 39–46 <https://dx.doi.org/10.11991/yykj.201706006>

水下复合材料舵的声散射特性仿真研究

Simulation study on acoustic scattering characteristics of underwater composite rudder

应用科技. 2018, 45(5): 10–15 <https://dx.doi.org/10.11991/yykj.201802003>



微信公众平台



期刊网址

DOI: 10.11991/ykj.202106001

网络出版地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1191.U.20220228.1625.004.html>

一种用于永久边坡双排桩支护体系简化计算模型的研究

刘成军¹, 王一兆¹, 陈俊生^{2,3,4}, 张旭群¹, 张荣辉¹, 陈仕洪², 谭宜玮²

1. 广州地铁设计研究院股份有限公司, 广东 广州 510010

2. 华南理工大学土木与交通学院, 广东 广州 510640

3. 华南理工大学土木与交通学院 亚热带建筑科学国家重点实验室, 广东 广州 510640

4. 华南岩土工程研究院, 广东 广州 510640

摘 要:针对双排桩支护结构计算复杂、且无统一计算方法的特点, 本文总结目前简化计算的几种模型, 并提出了一种基于极限平衡法的永久边坡双排桩支护体系简化计算模型。以某地铁停车场边坡永久支护结构为算例, 将简化模型的计算结果与有限元模型分析的模拟结果以及现场的监测数据进行对比分析。结果表明: 简化计算模型所得水平位移及弯矩与有限元模型所得结果相差较小, 位移和弯矩的曲线差值在 10%~20%, 二者计算结果变化规律一致, 该永久边坡双排桩支护体系的简化计算方法是可行且可靠的。

关键词:双排桩; 永久边坡; 支护体系; 极限平衡法; 简化计算模型; 有限元模型; 模型计算; 数据对比

中图分类号: TU91

文献标志码: A

文章编号: 1009-671X(2022)03-0106-07

Research on a simplified calculation model of double row pile supporting system for a permanent slope

LIU Chengjun¹, WANG Yizhao¹, CHEN Junsheng^{2,3,4}, ZHANG Xuqun¹, ZHANG Ronghui¹,
CHEN Shihong², TAN Yiwei²

1. Guangzhou Metro Design and Research Institute Co., Ltd., Guangzhou 510010, China

2. School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China

3. State Key Laboratory of Subtropical Building Science, School of Civil Engineering and Transportation, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China

4. South China Institute of Geotechnical Engineering, Guangzhou 510640, China

Abstract: In view of the complex calculation of double-row pile supporting structure and the lack of unified calculation method, several simplified calculation models are summarized, and a simplified calculation model of double-row pile supporting system for permanent slope based on limit equilibrium method is put forward. Taking a subway parking lot slope permanent support structure as an example, the calculation results of the simplified model are compared with the simulation results of analysis by the finite element model and the on-site monitoring data. The results show that: the difference between the horizontal displacement and bending moment obtained by the simplified calculation model and that obtained by the finite element model is small, and the curve difference between the displacement and bending moment is between 10% and 20% basically. The variation rule of the two calculation results is consistent. The simplified calculation method of the double-row pile supporting system for permanent slope is feasible and reliable.

Keywords: double row pile; permanent slope; support system; limit equilibrium method; simplified calculation model; finite element model; model calculation; data contrast

当前双排桩支护结构土压力计算模型研究中主要将土压力分为前排桩被动区、后排桩主动土压力区及桩间土压力区 3 部分。总的计算方法是

按平面钢架结构进行, 前排桩被动土压力按“m”法计算; 后排桩主动土压力按朗肯土压力计算; 对于桩间的土压力, 各方学者还存有不同观点, 未形成一致的计算理论。研究出合理、可靠的计算方法, 不仅能对解决工程实际问题做出理论支撑, 更可以为日后相关规范的制定提供参考。

收稿日期: 2021-06-01. 网络出版日期: 2022-03-01.

作者简介: 刘成军, 男, 高级工程师.

陈俊生, 男, 副教授, 博士.

通信作者: 陈俊生, E-mail: jschen@scut.edu.cn.

目前,张富军^[1]总结了双排桩支护结构体系目前常用的几种计算方法;杨光华等^[2]提出了一种将基坑面以下的附加压力看作弹性应力,并增加一个等效土柱刚度的新土压力计算模式;赖国梁等^[3]对倾斜双排桩支护结构进行了探讨,并对双排桩的抗倾覆稳定性提出了一种“前斜后直”的计算方法;张玲等^[4]提出并验证了一种考虑排桩与其间成层地基土体的相互作用的计算方法;陈效星等^[5]提出了一种后桩桩后为主动土压力,前桩桩后为静止土压力,被动土压力均采用弹簧来模拟的计算模型,并通过实例验证;罗忠行等^[6]得到了一种可同时考虑非极限土压力理论和支护桩与土相互作用的支护结构水平位移计算方法;陈玉新^[7]在常规双排桩支护结构的基础上提出了在深厚软土地区采用不同刚度及长短组合双排桩支护结构形式;曹净等^[8]通过引入了等效桁架模型,针对基坑双排桩结构提出了一种等效桁架计算模型;周珩等^[9]提出了双排桩基悬臂式挡土墙结构的承载机理、简化分析模型以及结构内力与变形的解析计算方法,并进行了验证;王杰等^[10]基于《基坑工程手册》中的算例,提出了一种改进的双排桩计算模型。综上所述,大部分研究是基于基坑的双排桩结构来展开,对于双排桩支护结构计算方法的研究较少,尤其是边坡永久双排桩支护结构。

因此,本文结合某地铁停车场工程,参考国内外现有主流的双排桩简化计算模型,提出针对该项目的双排桩简化计算模型,并进行了相应的有限元计算与实测结果对比,验证双排桩简化计算模型的可行性。

1 基于不同计算方法的现有双排桩简化模型

目前,双排桩支护结构计算方法存在两大问题:土压力分布情况不明确以及桩间土相互作用的模拟不完全。许多学者及科研人员基于现有的双排桩模型计算方法进行改进与简化,提出了一些更便捷的计算模型^[11-12]。

1.1 极限平衡法简化双排桩计算模型

模型根据土体比例系数法的基本假定,按门式刚架模型对双排桩的内力进行计算和分析。模型将排桩与桩顶盖梁简化为一个门式刚架结构,即排桩底端嵌固、顶端为直角刚结点,且模型中连梁与排桩分离,把连梁的作用用弯矩和反力替代,如图1所示。模型假设盖梁为刚体,在基坑开挖后,前后排桩盖梁标高处只产生相等的水平位移;同时桩底嵌固,即桩底不发生位移和转

角。根据双排桩结构水平静力平衡状态和经验方法确定最小入土深度,通过计算简图和极限平衡法计算出前后排桩的内力分布情况,并得出相应挠曲线方程。该方法简化程度高,计算过程较为简便,但土压力计算采用了朗肯土压力理论,未能充分考虑桩土间的作用。

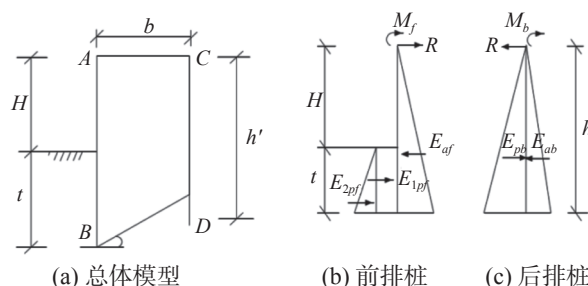


图1 门架式结构计算模型

图1中, H 为基坑深度; t 为前排桩入土深度; h 为后排桩入土深度; M_f 、 M_b 分别为桩顶盖梁的等效弯矩; R 为桩顶盖梁的等效反力; E_{1pf} 、 E_{2pf} 为前排桩靠基坑一侧被动土压力; E_{af} 为前排桩背离基坑一侧主动土压力; E_{pb} 为后排桩靠基坑一侧被动土压力; E_{ab} 为后排桩背离基坑一侧主动土压力。

1.2 弹性抗力法简化双排桩计算模型

根据门式刚架双排桩分解计算的模型以及弹性地基梁的受力特点,建立考虑一定程度的桩-土共同作用的双排桩弹性抗力法计算模型。模型同样将连梁与排桩分离,把连梁的作用用弯矩和反力替代,具体如图2所示。该模型把前、后排桩简化为在桩顶承受剪力和弯矩共同作用的弹性地基梁模型、长桩计算模型,从而根据不同的边界条件和模型假设进行双排桩支护结构的内力、位移和转角等模型参数的求解。可根据桩底入土的深度变化,将桩底端简化为自由端、铰支连接或固定端。然而该模型未充分考虑不同工况的影响,同时,模型土压力为采用经典土压力理论计算得到的已知荷载,最后的计算结果与实际情况可能会有所误差。

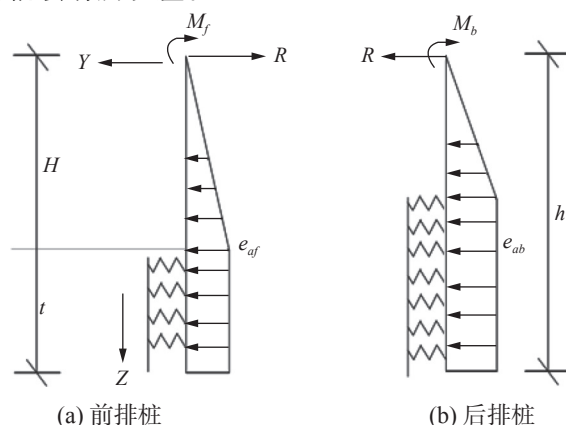


图2 排桩弹性抗力法计算模型

1.3 桩土共同变形理论简化计算方法

该模型基于 Winkle 假定的计算方法,如图 3 所示。模型假定前、后排桩为不考虑桩侧竖向摩擦阻力的弹性地基梁,视连梁与前、后排桩为刚结点连接,并且开挖释放荷载作用于前排桩。在该假定条件下,采用增量法计算双排桩的土压力分布,将内力、变形增量与上一工况结果相叠加,得到当前工况支护结构的内力和变形,结合变形结果即可求得当前工况的实际有效土压力。同时,桩间土完全采用弹簧来模拟,在后排桩处忽略桩后土体与桩的相互作用,桩后只考虑作用土压力,模型中土弹簧仅设置在前排桩桩前被动土压力区和桩间位置。该法在侧重于模拟实际施工过程的同时忽略了后排桩桩后土体与桩较小的相互作用,使模型计算结果相比实际安全性更高。

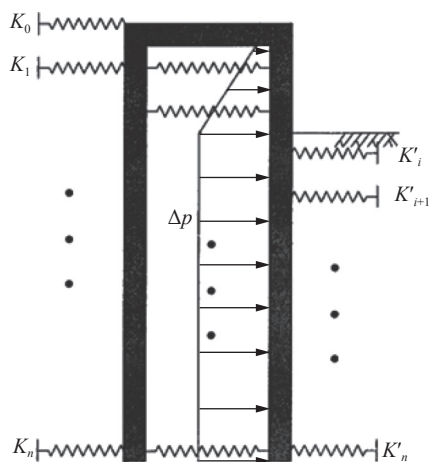


图3 桩土共同效应假定模型

本文双排桩简化计算模型在极限平衡法简化模型上进行修改,得到适用于本项目类型场地的双排桩模型。

2 双排桩简化计算模型

2.1 双排桩土压力简化计算方法

在双排桩支护结构体系设计中,前排桩嵌固段所受的土反力由弹性抗力组成,可以用一系列水平土弹簧进行等效模拟;后排桩受到的主动土压力作用,可以采用朗肯土压力法进行计算。而在实际设计施工对桩间土压力的考虑中,双排桩桩间土土体的土压力计算规范涉及较少,通常采用郎肯土压力理论,这样对于宽深比较小的设计方案,会出现计算值较实际值偏大的情况。从理论角度出发,考虑前后排桩的相互作用是较符合实际的,但是相关成果体系还不成熟,实际工程项目中应用较少。

桩间土体的土压力计算实际上是有限空间内的土压力计算,目前,规范中关于有限土体的土压力计算较为有限。在北京地方标准《建筑基坑支护技术规程》(DB11/489-2007)中对桩间土的计算采用的是高印立提出的修正系数朗肯土压力计算方法;湖北省地方标准《基坑工程技术规程》(DB42/T159-2012)中推荐采用弹性介质模型,或其他合理的土体本构关系模型来对桩间土体进行计算。

由以上各个行业及地方性规程中可见,各规程中所规定的双排桩桩间土压力计算模型存在差异,但均是基于弹性法的平面刚架计算模型。由于本次研究项目为边坡永久支护结构,安全等级要求较高,为了方便推广,故在进行双排桩支护结构计算模型的简化过程中,对桩间土的土压力计算模型参考朗肯经典土压力计算方法,采用比例系数法进行计算,不考虑前后排桩之间的相互作用,如图 4 所示。

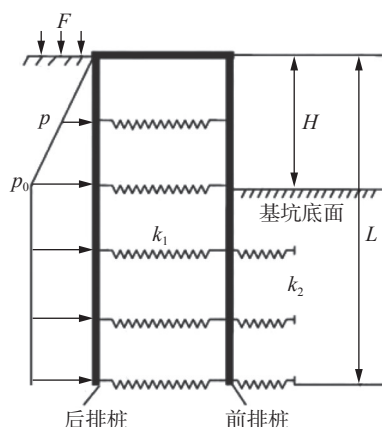


图4 考虑桩间土体传递的双排桩计算模型

2.2 双排桩简化计算模型的建立

本次简化计算模型(如图 5 所示)将双排桩支护结构分为前排桩、后排桩和连梁 3 部分。前、后排桩由于不考虑轴力,这样将会对双排桩支护结构产生一个向土体开挖方向滑移的趋势,在未开挖土体处形成一个剪切滑动面,该滑动面倾角近似取为 $45^\circ + \varphi/2$ 。开挖对滑动面范围内的土体作用较大,故滑动面以上的土体按照比例系数法进行计算,滑裂面以下的土体为竖直分布。图 5 中, L 为滑动面与前排桩桩顶在地面上的距离, $L = Z \times \tan(45^\circ - \varphi/2)$, Z_0 为滑动面与后排桩相交时的土体深度, $Z_0 = Z \times L_0 \times \cot(45^\circ - j/2)$ (对于黏性土,内摩擦角应该用等效摩擦角来代替)。前排桩桩前土体用土弹簧模拟,后排桩桩后土体采用朗肯土压力计算,桩间土不考虑前后排桩的荷载传递作用。前排桩桩后主要受到朗肯土压力作用;后

排桩桩前用土弹簧模拟其所受被动土压力,不考虑连梁的空间效应;连梁简化为一个只考虑轴力和弯矩作用的梁单元。

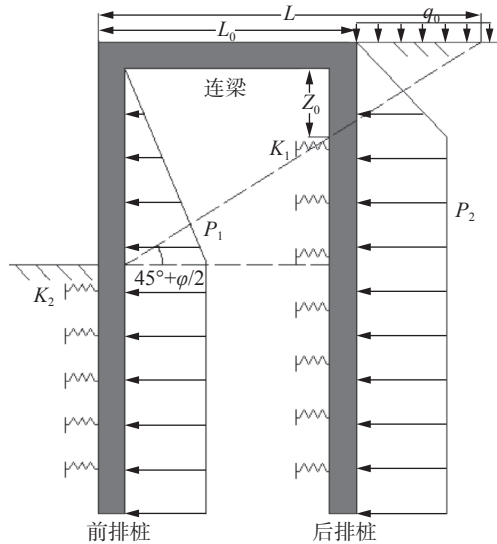


图5 滑动面穿过后排桩时双排桩简化计算模型

根据前人研究^[13-16],随着排距的增大,前排桩的水平位移和桩身弯矩都相应增大。结合相关资料^[17]调研可知,排距增大时后排桩对土压力存在一定的分担作用,会使前排桩承受的土压力随排距的增加而减小;但是,如果排距增大到一定程度,前排桩所承受的滑动土体作用也会增大,土压力同样上升,这样起挡土作用的主要是前排桩。当双排桩排距 $L_0 > L$ 时,滑动面处于前后桩体之间,双排桩支护结构类似于拉锚结构,此时其主动土压力几乎全部作用于前桩,后排桩不作用土压力荷载,只承担地面荷载,此时简化模型如图6所示,但由于规范要求,在工程实际中不常出现。

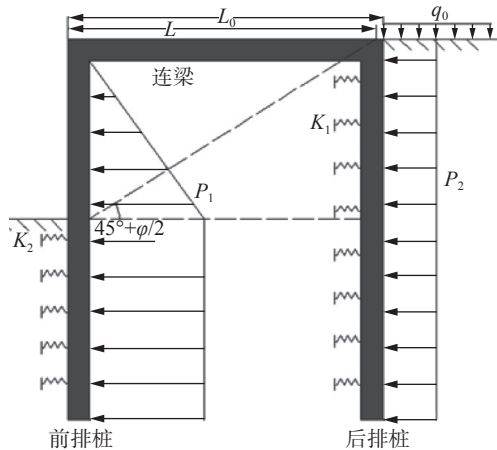


图6 滑动面未穿过后排桩时双排桩简化计算模型

2.3 模型计算公式

根据本次简化模型图5,其计算公式主要如下:

1) 总主动土压力计算

总土压力计算按照后排桩桩后的计算点进行计算,按朗肯主动土压力 P_{ak} 计算,计算公式为

$$P_{ak} = \gamma Z K_a + q_0 K_a - 2c \sqrt{K_a} \quad (1)$$

式中: P_{ak} 为后排桩背离基坑侧主动土压力值, kPa; γ 为土体重度, $\text{kN} \cdot \text{m}^{-3}$; c 为土体黏聚力, kPa; K_a 为土体主动土压力系数; q_0 为地面超载, kPa; Z 为计算点的深度, m。

2) 前排桩嵌固段的土弹簧计算

前排桩嵌固段采用“m”法进行计算,假定水平地基反力系数在支护深度范围内呈线性分布,具体的计算为

$$k_2 = m(z - h) \quad (2)$$

式中: m 为前排桩嵌固段土体弹性抗力系数的比例系数, kN/m^4 ; h 为开挖深度, m。

式(2)中前排桩嵌固段土体弹性抗力系数的比例系数,可按桩的水平荷载实验及地区经验取值。当缺少相关数据时,可按式(3)计算得出,但需特别注意公式的适用范围。

$$m = \frac{0.2\varphi^2 - \varphi + c}{v_b} \quad (3)$$

式中: φ 为计算点土层的内摩擦角, °; v_b 为前排桩在坑底处的水平位移量, mm。

3) 桩间的土压力计算

根据简化模型,前排桩主要受到桩间土对桩侧的作用力,考虑采用初始土压力进行计算,后排桩主要受到弹性抗力,采用水平弹簧模拟进行计算。

前排桩桩后土压力为

$$p_2 = \alpha b P_{ak} \quad (4)$$

式中 α 为比例系数,其计算为

$$\alpha = \frac{2L}{L_0} - \left(\frac{L}{L_0}\right)^2 \quad (5)$$

式中: α 为计算系数,当计算的 α 大于 1 时,取 $\alpha = 1$; P_{ak} 为后排桩外侧计算点处的主动土压力强度, kPa; b 为桩间距, m。

后排桩桩内侧土弹簧刚度系数为

$$k_1 = mZ_1 \quad (6)$$

式中 Z_1 为计算点距离等效开挖面的深度。

4) 后排桩桩后土压力

$$P_2 = (1 - \alpha) b P_{ak} \quad (7)$$

按照式(1)~式(7)可以计算出相应的土压力及弹簧的弹性模量值,进而计算桩身水平位移及

桩身弯矩值。

5)土压力修正

上述的比例系数分配土压力的计算方法计算的前、后排桩的土压力时,前排桩的土压力分布系数偏小,而实际当双排桩为前密后疏排列时,主动土压力主要是由前排桩来承担。假设此时前排桩受到的主动土压力由后排桩计算点处的最大土压力与桩间主动土压力组成,即此时前排桩内侧的主动土压力为

$$P_2 = (1 + \alpha)bP_{ak} \tag{8}$$

后排桩主动土压力不变。

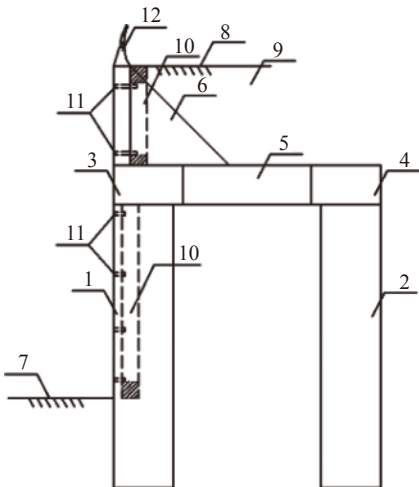
6)后排桩桩内侧土弹簧刚度折减修正

桩间土体本质上是有限空间土体,采用“m”法计算弹簧边界模拟对后排桩的限制作用会造成土抗力过大,与实际不符。因此,对后排桩内侧的土弹簧刚度进行折减,计算出合理的双排桩内侧弹簧刚度折减系数 ω 。对于桩间土体土质较好的双排桩支护结构,经过资料分析与试算^[18],可以得出合理的折减系数 $\omega=0.5$ 。

3 永久边坡双排桩支护工程实例分析

3.1 实例模型计算参数

某地铁停车场项目采用永久双排桩支护作为其边坡支护结构,如图7所示,结构相关参数为桩径 1.5 m,前排桩间距 1.8 m,后排桩间距 3.6 m,连系底板厚度 0.6 m,嵌固深度 4.0 m,扶壁高 1.0 m。场地土性质如表1所示。



1. 前排钢筋混凝土灌注桩; 2. 后排钢筋混凝土灌注桩;
3. 前排桩桩帽梁; 4. 后排桩桩帽梁; 5. 钢筋混凝土连系底板;
6. 扶壁式挡土墙; 7. 开挖后场坪标高; 8. 地面高程;
9. 挡土墙墙后回填土; 10. 反滤层 (阴影部分为粘性土, 其余为砂砾石); 11. 泄水孔; 12. 墙顶防撞墙。

图7 双排桩永久支护结构

表1 场地土性质表

土层	湿重度 $\gamma/(\text{kN}\cdot\text{m}^{-3})$	抗剪强度指标		弹性模量 /MPa	泊松比
		C/kPa	$\varphi/(\text{°})$		
杂填土	17.5	8.0	15.0	10.0	0.40
素填土	18.0	10.0	12.0	10.0	0.40
粉质黏土	19.8	24.0	17.0	37.0	0.27
含砾粉质黏土	19.9	26.0	17.3	46.5	0.26
粉质黏土	19.5	24.0	15.5	100.0	0.24
强风化泥岩	21.0	25.0	35.0	200.0	0.21
中风化泥岩	22.2	0.5	41.0	300.0	0.19

3.2 模型计算

由于规范建议桩间距在 2~5 倍桩径,在如今工程的开挖深度都较深时(即 $H > L \times \cot(45^\circ - \varphi/2)$),通常滑动面都在前后排桩之间,即简化模型如图5所示。此地铁停车场项目边坡双排桩永久支护结构也为开挖深度较深、滑动面位于前后排桩之间的情形,因此,本次简化计算模型参照图5所示情况设计,图8为本项目边坡双排桩结构简化计算模型。

根据式(1)~式(8)和图8所示简化计算模型,计算出相应的土压力及弹簧的弹性模量值,进而得出简化模型计算结果。

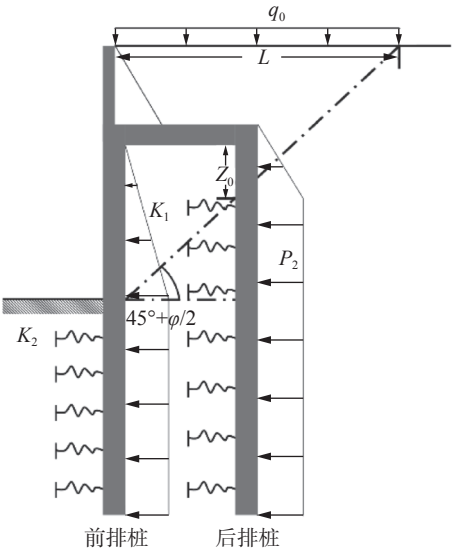


图8 工程实例双排桩简化计算模型

有限元模拟使用 MIDAS GTS NX 大型有限元分析软件建立双排桩三维空间模型,模拟采用地层-结构计算方法来考虑桩土之间的互相作用。

有限元模拟中,将土体设置为莫尔-库伦本构模型,支护桩和顶板设置为各向同性的线弹性本构模型,并且在桩-土之间设置了接触界面。数值模拟的模型尺寸为 60 m×20.5 m×23 m,前、后排桩的嵌固深度相同,桩长皆为 12.2 m。建立的有限元模型如图9和图10所示。

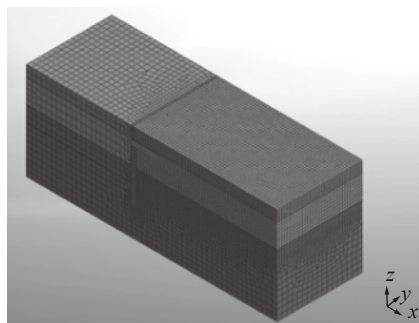


图9 三维有限元模型

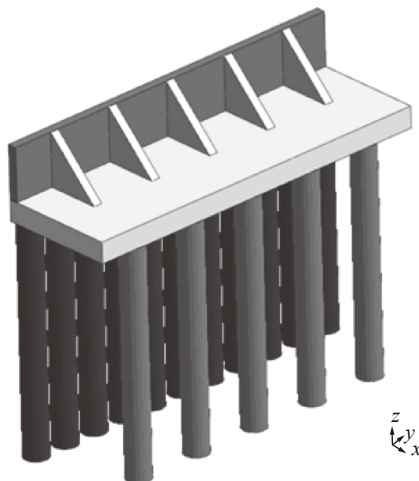


图10 双排桩有限元网格划分图

前排桩选取中间第5根桩,后排桩选取中间第3根桩,计算双排桩位移与内力情况,并作出水平位移、桩身弯矩图。

3.3 模型计算结果对比分析

通过简化模型和数值模拟计算,得出双排桩结构的位移及内力变化情况,并作出桩身水平位移与桩身弯矩对比图,将简化计算模型计算结果与有限元三维模型计算结果进行对比,如图11~14所示。

简化模型计算与有限元计算结果都符合桩顶水平位移最大;随深度增加,水平位移减少的特征。两者随桩身深度变化的水平位移曲线走势基本吻合,曲线变化趋势皆呈现先快后慢的特点,且前、后排桩的水平位移偏差都出现在桩顶和桩身深度约为4 m时。

简化模型计算与有限元计算结果得出的桩身弯矩曲线走势基本相同,呈S型;两曲线弯矩的正负转折深度点处于同一位置,出现峰值的桩体深度一致,前桩位于深度约为4 m处,后桩位于深度约为2 m处;简化模型的桩身弯矩计算结果较有限元模拟大,符合永久支护结构偏安全的设计要求,在弯矩峰值处,简化模型计算结果较有限元模拟结果约大20%。

简化计算方法所得水平位移及弯矩与有限元所得结果相差较小,位移与弯矩的曲线差值在10%~20%,二者计算结果变化规律一致,通过有

限元模拟验证了简化模型计算的正确性。

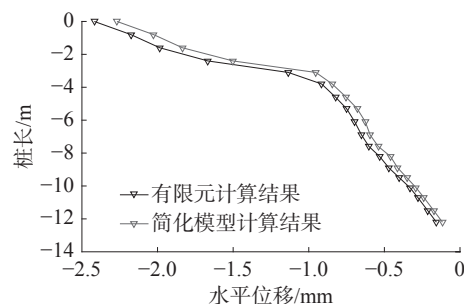


图11 前排桩水平位移变化对比

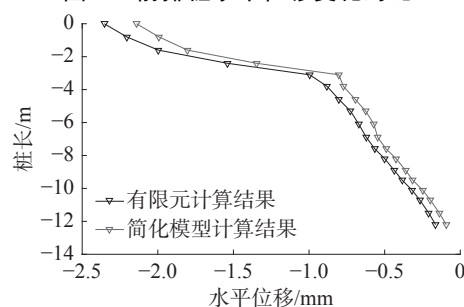


图12 后排桩水平位移变化对比

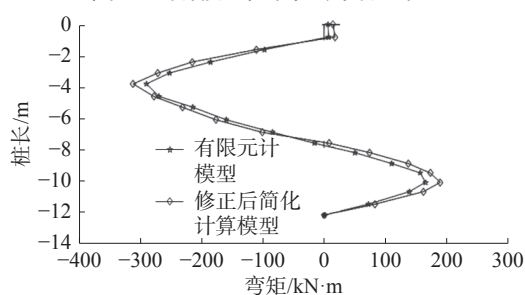


图13 按修正公式计算的前排桩桩身弯矩分布对比

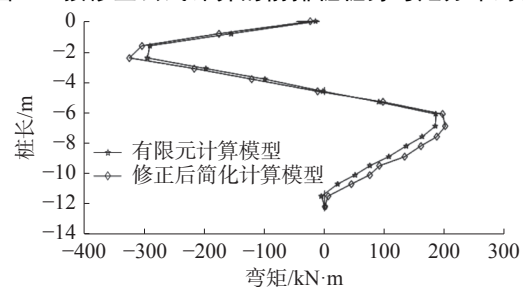


图14 按修正公式计算的后排桩桩身弯矩分布对比

3.4 模型计算结果与实际监测数据对比分析

选取某一天的双排桩水平位移值的现场监测数据与模型的计算结果比较分析,如图15和图16所示。

由图15和图16可以看出,监测数据得到的桩身水平位移曲线与两模型计算得到的位移曲线变化趋势相吻合,进一步验证了简化模型和有限元模拟结果的正确性。简化计算模型的计算结果较监测数据更大,满足了永久边坡支护结构安全等级较高的要求,在实际永久双排桩支护工程应用的计算中能得到更为安全的结果,方便推广使用。

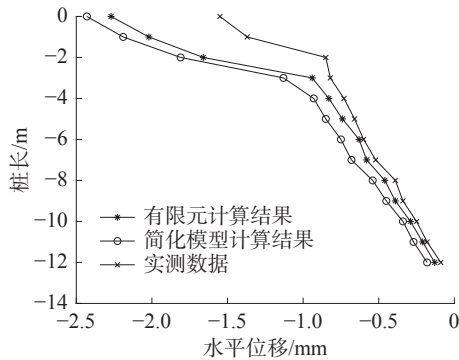


图15 前排桩水平位移变化计算结果与实测对比

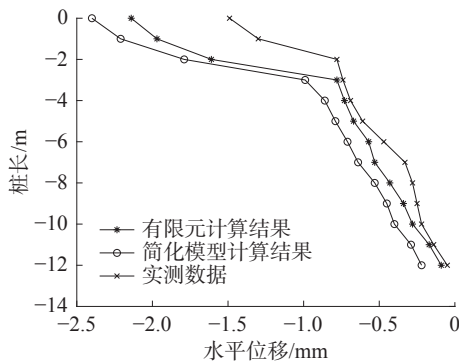


图16 后排桩水平位移变化计算结果与实测对比

4 结论

本文提出了一种适用于永久边坡支护结构、不考虑前后排桩之间的相互作用的双排桩简化计算方法,通过简化计算与有限元模拟和实测数据的对比,验证了简化计算模型的正确性,得到的结论如下:

1)当前的双排桩支护结构研究大部分是针对基坑双排桩支护来展开的,本文对永久边坡双排桩支护结构的计算进行了研究和分析。

2)基于极限平衡法,提出了一种对桩间土采取简化处理的平面刚架计算模型和对应的结构变形与内力分析的计算方法。

3)双排桩简化计算模型与有限元模拟两者的计算结果得出的水平位移变化曲线与桩身弯矩分布曲线的走势基本吻合。两者结果中弯矩出现峰值处与正负转折处的桩身深度一致,前桩位于深度约为4 m处,后桩位于深度约为2 m处。有限元模拟结果较简化模型计算结果偏差约为10%~20%,所得结果相差较小,二者计算结果变化规律一致,且实测曲线走势与模型计算结果相同。

4)采用前排桩桩前土体用土弹簧模拟、后排

桩桩后土体采用朗肯土压力计算、桩间土不考虑荷载传递作用、前排桩桩后受到朗肯土压力作用、后排桩桩前用土弹簧模拟的简化计算方法是适合于永久边坡支护结构,并且可靠和安全的。

参考文献:

- [1] 张富军. 双排桩支护结构设计计算方法探讨[J]. 四川建筑, 2020, 40(5): 241-243.
- [2] 杨光华, 黄忠铭, 姜燕, 等. 深基坑支护双排桩计算模型的改进[J]. 岩土力学, 2016, 37(S2): 1-15.
- [3] 赖国梁, 田野, 邓昌福, 等. 前桩倾斜双排桩基坑支护抗倾覆稳定性计算与分析[J]. 施工技术, 2021, 50(1): 53-56.
- [4] 张玲, 欧强, 朱幸仁. 成层地基中考虑桩桩相互作用的双排桩受力变形分析[J]. 湖南大学学报(自然科学版), 2020, 47(11): 120-126.
- [5] 陈效星, 高乐, 李文坚, 等. 双排桩支挡结构技术研究[J]. 路基工程, 2020(5): 28-31.
- [6] 罗忠行, 牛建东, 李泽玮, 等. 深基坑h型双排桩的变形计算及优化分析[J]. 铁道科学与工程学报, 2020, 17(7): 1720-1727.
- [7] 陈玉新. 不同刚度及长短组合双排桩支护结构在汕头深厚软土中的分析及应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2020.
- [8] 曹净, 钱国伟, 高越, 等. 基坑双排桩支护的桩间土等效计算模型研究[J]. 地下空间与工程学报, 2020, 16(3): 749-757.
- [9] 周珩, 苏谦, 姚裕春, 等. 双排桩基悬臂式挡土墙结构计算方法研究[J]. 铁道科学与工程学报, 2019, 16(3): 654-663.
- [10] 王杰, 韩磊, 徐云峰. 双排桩支护结构计算模型改进与分析[J]. 岩土工程技术, 2019, 33(1): 55-58.
- [11] 王曦平. 深基坑双排桩支护结构的计算方法与工程应用研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- [12] 钱国伟. 深基坑双排桩支护桩间土计算模型及受力机理研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2017.
- [13] 万万瑜. 排距对双排桩位移及弯矩的影响[J]. 科学技术与工程, 2011, 11(30): 7544-7546.
- [14] 何珊珊. 软土中双排桩支护结构体系受力分析与计算研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [15] 朱庆科. 深基坑双排桩支护结构体系若干问题分析和研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
- [16] 何启平. 双排桩支护结构的有限元分析及工程应用[D]. 广州: 华南理工大学, 2010.
- [17] 白冰, 聂庆科, 吴刚, 等. 考虑空间效应的深基坑双排桩支护结构计算模型[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(8): 118-124.
- [18] 薛光桥. 深基坑双排桩结构受力变形机理及其计算模型研究[J]. 铁道标准设计, 2016, 60(7): 116-120.

本文引用格式:

刘成军, 王一兆, 陈俊生, 等. 一种用于永久边坡双排桩支护体系简化计算模型的研究[J]. 应用科技, 2022, 49(3): 106-112.

LIU Chengjun, WANG Yizhao, CHEN Junsheng, et al. Research on a simplified calculation model of double row pile supporting system for a permanent slope[J]. Applied science and technology, 2022, 49(3): 106-112.