

Analysis of Influencing Factors on Deformation of Deep Foundation Pit Support Structure Adjacent to Existing Line Foundation

Ming Liu

Underground Engineering Branch of Zhejiang Jiaotong Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310000, China

Abstract

The deep foundation pit project adjacent to the existing line is a complex project, including a variety of supporting components such as bored pile, concrete wall, steel plate pile and underground continuous wall, and the mechanism of action between them is different. The excavation and protection of deep foundation pit is not only related to the complex changes, strength and stability problems in the rock power, but also needs to consider the synergy between the supporting members and the rock body to ensure the safety and reliability of the project. The internal force and change of the deep foundation pit supporting structure are affected by the rock and soil mass, this paper will analyze this effect and propose a new calculation method. In addition, we will also explore the direction of future research, in order to provide more reference for the safety and reliability of deep foundation pit support structures.

Keywords

deep foundation pit; support; structural internal force; deformation

紧邻既有线路基深基坑支护结构变形影响因素分析

刘明

浙江交工集团股份有限公司地下工程分公司, 中国·浙江 杭州 310000

摘要

紧邻既有线路的深基坑工程是一项复杂的工程, 其中包括钻孔灌注桩、混凝土墙、钢板桩和地下连续墙等多种支撑构件, 它们之间的作用机理各不相同。深基坑开挖及保护不但关系到岩石动力中复杂的变化、强度和稳定性难题, 而且要考虑支撑构件与岩石体之间的协同作用, 以确保工程的安全可靠。深基坑支护结构的内力与变化受到岩土体的影响, 论文将对这种影响进行分析, 并提出一种新的计算方法。此外, 论文还探讨未来研究的方向, 以为深基坑支护结构的安全性和可靠性提供更多的参考。

关键词

深基坑; 支护; 结构内力; 变形

1 支护结构与岩土体的相互作用

紧邻既有线路开挖深地基不但需要考虑岩石动力中的变化、强度和稳定性情况, 而且必须考虑支撑构件与岩石体之间的作用, 这种作用是产生影响支撑构件内力和变形的关键因素, 因此必须加以重视和妥善处理。因此, 在计算深层坑支护结构时, 必须考虑周围岩土体与支护结构之间的协同作用。

深基坑工程是一项复杂的系统工程, 其支护结构种类繁多, 包括钻孔灌注桩、土钉墙、钢板桩以及地下连续墙等, 它们之间的作用机理施工也各不相同。

1.1 土压力

土压力是一个复杂的问题, 它涉及土与构造物内部的

作用, 是岩土工程中最重要考虑因素。传统的支护结构设计理论是只考察三个极端状况下的土压强, 即自主、被动和静止, 但这种理论忽略了土压强的变化^[1], 无法准确反映实际情况, 因此需要采用更加先进的技术来解决这一问题。随着对中国传统土压力理论的认识不断深入, 学者们不断改进土压强计算方法, 以更好地理解土受压的原理。他们采用极限分析法深入研究古典 Coulomb 直线损伤原理, 考察土拱效应, 探讨开挖卸荷因素和墙面摩擦效应, 并考察各种因素, 如地基强度理论、水压力、岩土体参数等, 以及被动土压力学说。通过静力平衡法、等值梁法和干系有限元数值模拟, 研究者可以将土压力作为一种外力来影响支护结构的建筑设计工作。

1.2 接触力学分析方法

由于支撑构件与岩石体之间的相接触面具有非持续性,

【作者简介】刘明 (1986-), 男, 中国湖南郴州人, 本科, 工程师, 从事建筑施工研究。

因此在现实工作中常常将其简单化为连续介质现象,但这些简单处理过程会导致计算结果错误。为了解决这一难题,目前接触行为的方法最主要有两类:一种是传统的接触力学研究,另一种是数值分析。在研究接触问题的早期阶段,研究者只关注刚体之间的弹性接触,这些方法的应用非常有限。1881年,Hertz给出了典型的hertz弹性接触概念,并在此基础上,一些学者展开了深入的研究,探讨了各种受力情况和几何构造下的接触式现象。Boussinesq提供了一种光滑刚体与平均各向同性弹力半空间结构表面上相接触的应力解,并运用势能基本原理,推导出了压凸回旋转轴线与弹力半空间结构扭曲前的边界正交时轴对称的解决方案。在当前的弹性接触式分析中,还有许多假定,如接触刚体相互之间不会产生运动;接触式物理变化是微小的,接触点可以预先确定;应力应变问题是线性的;接触式外表是平滑的。然而,上述假定仍然使得理论与实际方面存有较大差别。1980年,Gladwell撰写了一篇论文,重点探讨了无摩擦接触和粘着接触在集中或大领域内的影响。1985年,Johnson在其专著中深入探讨了可塑性体和粘弹性接触问题,但由于解析方法的局限性,一些复杂的接触式难题仍未能得到有效的解决。

1.3 数值分析方法

由于电子计算机的发展,20世纪60年代以后,有限元等数字技术分析的产生,为接触力学研究奠定了坚实的基础,使得触及问题的线性研究得到了极大的拓展,从而进入了高度非线性的研究领域。当前,解决接触面问题的办法有三种:①直接法;②接触力学法;③触及面单元法。

应用数学规划法,如变分不等式,能够将接触问题转变为一种条件二次规划提问,从而实现无约束优化。接触力学方法是一种有效的解决方案,利用势能或余能原理,将接触面边界约束提问转变为无约束优化问题,从而达到求解的目的。无约束优化可能包括Lagrange乘子法和罚函数法,前者极易产生病态,而后者只能近似地解决接触面边界状态,因此,对于解决这一实际问题,研究者们给出了一种修正的Lagrange乘子法。接触面单元法是一种用于建模接触面范围上的应力和应变关系的方法。它利用增加和迭代调整单位本构模式中的参数来实现这一目标。近年来,许多研究者给出了许多接触面本构模型和统计模式。当前,常见的连接面模块包含两结点链杆模块、Goodman模块和无厚度等参数接触面模块,以及具有厚度薄层的Desai薄层单元和摩擦接触模块。

2 支护结构内力与变形计算方法

深基坑支护构造的变形是由于其内部力学特性和外部环境因素的相互作用所导致的。通常情形下,深基坑支护结构可以被简单为一种受侧向土压力影响的受力结构,目前有三个重要的办法来处理这个构造:极限平衡法、弹性地基梁法和有限元法。

2.1 极限平衡法

极限平衡法是一个早期用于基坑支护结构设计的方式,它以其简便的计算方式和可靠的结果而闻名,目前仍被广泛使用。极限平衡法旨在确保力的平衡,以单位长度受侧力荷载影响的梁系为基础,可以应用于等质梁法、静力平衡法、1/2分割法乃至刚性支承连续梁法等。等值梁法和静力平衡法是最常见的土压力计算方式。而极限平衡法则更加精确,不仅考虑了Terzaghi-Peck的实际表现土压力,还包括了郎肯法等经典理论技术。

2.2 弹性地基梁法

弹性地基梁法是一种改进的方法,旨在解决极限平衡法中挡墙内侧坑地被动土压力测量难题。该技术基于对挡土墙位移的控制要求^[1],将外侧混凝土受压视为浇筑在墙面上的水平荷载,以此来提高计算精度,并且能够有效地减少桩的横向抗力。一般来说,土压力的研究采用了郎肯理论和库伦土压力学说。在地下开挖基坑面之上,支撑结构只能被视为弹性支点,而开挖基坑底部下面的土质则只能通过一次土弹簧的相互作用来实现。因此,将支撑构件看成一种弹力支撑的基础梁,只能通过分析法、结构力学技术和有限元数值法等多种技术来求解。

弹性地基梁法具有计算结果简洁、标准化实施方便的优势,可以仿真各种情况下基坑开挖流程,因此受到了当前规范的广泛认可和推崇。

2.3 有限元方法

近年来,有限元方法的发展使得基坑工程能够更加全面地反映出多种因素的综合效应。它可以将深地基的整体形状看作一种空间构件系统,充分考虑施工流程、支撑构件与岩石体联合效应、渗流、时间因素的影响程度,从而更好地分析支撑构件的内能和变化,更有效地完成基坑工程。通过有限元分析,可以将墙壁和土壤划分为不同的单元,并且可以使用相应的本构模型进行模拟。此外,有限元分析还可以应用于平面和空间模拟。

有限元分析是一种用于研究地基应力、应变和移动状态的技术,它通过将基坑内的构件离散化,并根据施工条件进行模拟来求解问题。水平面分析则主要用于研究水平支撑体系,使用支撑反力当作外荷载,并使用支点移动当作边界条件来计算问题。

3 深基坑支护结构内力与变形的研究

在深基坑开挖流程中,支撑结构体系会变化,不但会有地基被挖掉,而且会有新的构造增加,这是一种复杂的流体力学问题。所以,要想准确地分析出最终的结果,就必须充分考虑到一次挖掘所带来的迭加效果^[1],而不能仅仅局限于最后一种状态。而且,深基坑和钻孔工作过程是一项复杂的工程,其中岩土体挖掘和支撑构造增加的工作过程会对支撑构造和岩土体内部的作用产生重要负面影响。这种负面影

响可能会改善支撑构造的内力和变形特性,所以,对前一次挖掘的支撑构造实施内力和变形情况的监测,能够有效地预测下一次开挖支护的构造内力和变形特性,从而更好地改进设计。

极限平衡法虽然可以将超静定问题转变为静定问题,但是它无法充分考虑支撑构件的变化对土压强的直接影响,因此,弹性地基梁法只是对极限平衡法进行了一定程度的改进,而不能彻底改变它的本质。尽管上述两个方法都未能充分考虑支撑构件与周边自然环境发生的作用,也未能充分考虑深地基的空间结构作用,但是深地基的支护体系设计仍然是一项复杂性的三维空间受力课题,要求充分考虑各种条件,以确保其安全性可靠性。所以,在设计深基坑支护结构时,应当充分考虑支护结构与岩土体内部的作用以及空间变化的影响。通过空间有限元分析,能够深入探究支撑构件与岩石体内部的作用及其空间结构效果,而三维有限元分析则能够更加精确地模拟各种状况下支撑构件和岩石体系统的应力位场与变化场特性,从而更加有效地优化设计和施工方案,保证地基建设的安全可靠、合理和高效建设。对于保证深施工的安全,深基坑支护构造的变形和内力检测是不可避免的,它不仅是信息化设计与施工的基础,还要考虑到多种因素对深基坑支护构造的影响,因此必须对其本身及其周边环境进行全面的监测。当前,许多检测技术无法准确反映结构变形的实时情况,也无法预测其未来发展趋势。未来研究重点将放在深基坑支护结构内力和变形方面,以提高其安全性和可靠性。

综合考虑,深基坑支护结构内力与变化的未来研究走向如下:

①随着城市化的迅猛发展,基坑支护结构的内力和变形空间效果变得越来越重要,因此在地基工程施工中,必须充分考虑到基坑支护结构对周围建筑的影响,并采用三维计算方法,以更好地研究其内力和变形空间效果。

②通过探究深基坑支护构造与岩石体内部的非线性相

互作用,研究者可以更好地理解土压强和摩擦力的耗散特性。地基工程建设是一种复杂性的动态系统工程,其中支撑与岩石体的接触性是一种重要的挑战,需要进行精确的控制和管理^[4]。因此,必须从基础理论探究和数值模拟的角度来深入研究土压力分布规律和接触问题,以便更好地理解它们的动态性和非线性特征。

③研究了深基坑支护结构内力和变化的三维空间系统检测技术和测量参数不确定性反演技术,以实时收集岩土体信息,并利用反演技术和修正技术预测下一个工况可能出现的变化,为工程的产品设计改善和施工组织提出科学可信的依据。三维实时监测技术具有成本低廉、精确度高、操作简单、对施工影响小的优势,可以及时准确地检测出支护结构的三维变形情况,为深基坑施工提供可靠的安全保障,已成为未来深基坑研究发展的重要方向。

4 结语

紧邻既有线路的深基坑支护结构安全度和变化管理是一项复杂的工程,需要执行、检验、修改建设计划,并优化设计,以保证工程建设计划的正确性,按照设计工况执行,并不断改进循环,以及时分析、防范、动态规划和信息处理。这是深基坑支护结构安全度和变化管理的经济实用方法。同时,通过不断的循环改进,可以有效降低深基坑风险,确保建筑工程质量达到最高标准。

参考文献

- [1] 中铁七局.改建既有线和增建第二线铁路工程施工技术暂行规定[M].北京:中国铁道出版社,2008.
- [2] 鄧友成.既有铁路旁基坑开挖对高填方路堤稳定性的影响研究[J].公路交通科技,2006(233):31-34.
- [3] 高群山.邻近既有线的深基坑支护及稳定性分析[D].北京:北京工业大学,2009.
- [4] 郭克诚,唐玉凌,陈磊,等.深圳地铁5号线兴东站深基坑围护结构工程施工技术门[J].铁道建筑,2010(3):43-45.