

基坑支护结构中的土压力分布与稳定性分析

刘振民

浙江南联土木工程科技有限公司 浙江 杭州 310000

摘要：随着城市化进程的加速，基坑工程在城市建设中扮演着越来越重要的角色。基坑支护结构的设计和施工对于确保工程安全至关重要。本文深入探讨了基坑支护结构中的土压力分布特性，分析了影响土压力分布的因素，并详细讨论了支护结构的稳定性分析方法。通过本文的研究，旨在为基坑支护结构的设计和施工提供更为科学、合理的理论依据。

关键词：基坑支护；土压力分布；稳定性分析；有限元法；极限平衡法

引言

基坑工程是城市地下空间开发的重要组成部分，其安全性与稳定性对于周边环境和建筑物的安全至关重要。土压力作为基坑支护结构设计中的关键因素，其分布的合理性对于支护结构的稳定性和安全性具有决定性影响。因此，深入研究土压力分布规律及稳定性分析方法，对于优化基坑支护设计、确保工程安全具有重要意义。

1 土压力分布特性及影响因素

1.1 土压力分布特性

1.1.1 土压力随深度的变化

土压力随深度的增加而逐渐增大，这是土力学中的一个基本常识。这一现象背后的主要原因是土体自重应力和孔隙水压力的共同作用。随着深度的增加，土体上覆的重量逐渐增大，从而导致土压力的增加。同时，孔隙水压力也随深度的增加而增大，进一步加剧了土压力的增长。在基坑支护结构设计中，必须充分考虑这种垂直方向上的土压力变化。设计师需要根据工程所在地的地质条件、地下水情况等因素，精确计算出每一深度的土压力值。只有这样，才能确保支护结构在承受土压力时不会发生破坏或失稳。

1.1.2 土压力的非线性分布

在基坑支护结构周围，土压力并不是均匀分布的。这一特性使得支护结构的设计变得更为复杂。通常，在基坑下部土体中，由于土体自重和上部荷载的作用，土压力会急剧增加并达到最大值。这是因为在该区域，土体受到的约束较大，且上覆土体的重量也最大。相比之下，在基坑上部土体中，由于土体受到的约束较小，且没有上部荷载的直接作用，土压力的增加速率会相对减缓^[1]。这种非线性分布特性对于支护结构的设计至关重要。设计师需要根据土压力的实际分布情况，对支护结构进行局部加强和优化设计。

1.1.3 土压力分布的偏斜

在基坑施工过程中，由于工作面和支护结构的不对称性，土压力会偏斜到一侧，导致支护结构一侧的土压力大于另一侧。这种偏斜现象对支护结构的稳定性构成了严峻的挑战。为了应对这一现象，设计师需要在设计中采取相应的措施进行平衡和调整。例如，可以通过调整支护结构的形状、尺寸和材料等方式来平衡土压力的偏斜。此外，还可以采用预应力技术、增设支撑结构等方法来提高支护结构的稳定性。

1.2 土压力分布的影响因素

土压力分布不仅受到土体自重和荷载的影响，还受到多种其他因素的共同作用。首先，土体类型是一个关键因素。不同类型的土体，如粘土、砂土或砾石土，具有独特的物理力学性质。例如，粘土的内摩擦角和粘聚力与砂土截然不同，这直接影响土压力的计算结果和分布模式。地下水条件也是一个不可忽视的影响因素。当地下水位上升时，土体的有效应力会随之增加，因为水分填充了土体孔隙，增加了土颗粒间的压力。这种情况会导致土压力增大，对基坑支护结构造成更大的负担。此外，施工方法也显著影响土压力的分布。开挖顺序的不同会改变土体应力状态，进而影响土压力。支护结构的类型，如排桩、地下连续墙或土钉墙等，也会对土压力分布产生显著影响。施工速度的快慢同样重要，快速施工可能导致土体应力迅速调整，从而影响土压力的分布。

2 稳定性分析方法

极限平衡法是一种经典的稳定性分析方法，基于支护结构达到平衡时的刚恢复力和土体的抗力之间的平衡关系进行判断。通过计算支护结构在不同方向上的平衡条件，可以确定支护结构是否稳定。这种方法简单易行，适用于初步设计和快速评估支护结构的稳定性。然而，它在处理复杂问题时可能存在一定的局限性，无法

充分考虑土体的非线性和弹塑性性质。有限元法是一种更为精确的稳定性分析方法。通过将结构或土体划分为单元,并对各个单元进行计算和分析来确定稳定性。该方法能够考虑到不同材料的刚度和力学性质,更为准确地分析基坑支护结构的稳定性。在处理非线性、大变形和复杂边界条件等问题时,有限元法显示出其优越性。通过有限元分析,可以模拟基坑开挖过程中的土体应力、应变和位移等变化情况,为支护结构的设计和施工提供更加科学的依据。除了上述两种方法外,还有其他稳定性分析方法,如离散元法、边界元法等。这些方法在处理特定问题时可能具有更高的精度和适用性。在实际工程中,应根据具体情况选择合适的方法进行稳定性分析。

3 提升稳定性的措施

3.1 增强支护结构的刚度

在基坑工程中,支护结构的刚度反映了支护结构在受力时抵抗变形的能力,直接影响到其能否有效地抵抗土压力,防止土体侵入基坑或造成结构破坏。为了增强支护结构的刚度,可以采取多种措施。首先,增加支撑材料的截面尺寸是一种有效的方法。通过增大支撑构件如钢支撑、混凝土支撑的截面面积,可以提高其抵抗弯曲和剪切的能力,进而提升整体支护结构的刚度。这种方法在工程中应用广泛,效果显著。其次,使用高强度材料也是提升支护结构刚度的重要途径。高强度材料,如高强度钢和高性能混凝土,具有更高的屈服强度和抗压强度,能够在相同截面尺寸下承受更大的荷载,从而提高支护结构的刚度。在选择材料时,需要综合考虑材料的力学性能、耐久性以及成本等因素^[2]。此外,增加支撑的数量也是一种有效的策略。通过增加支撑点,可以减小每根支撑所承受的荷载,降低支护结构的变形风险,从而提升其整体刚度。在实际工程中,需要根据基坑的形状、尺寸和地质条件等因素合理布置支撑点,以达到最佳的支撑效果。

3.2 采用预应力技术

预应力技术是一种先进且有效的工程方法,它通过对支护结构施加预先的拉力或压力,以主动的方式抵消部分或全部的土压力,从而提高支护结构的稳定性。这种技术特别适用于那些土压力较大或分布不均的区域,能够显著改善支护结构的受力状态,降低其变形和破坏的风险。具体来说,预应力技术通常是通过张拉钢筋或预应力锚索来实现的。在施工前,根据土压力的大小和分布情况,精确计算出所需的预应力值。然后,在支护结构中安装张拉钢筋或预应力锚索,并对其施加预定的

拉力或压力。这样,在土压力作用到支护结构上时,预应力会与土压力产生部分或全部的抵消,从而减小支护结构所受的净荷载。预应力技术的应用不仅可以提高支护结构的稳定性,还可以改善其受力性能,延长使用寿命。同时,预应力技术还具有灵活性高的特点,可以根据不同的工程条件和需求进行调整和优化。例如,在土压力分布不均的区域,可以通过调整预应力的分布来使支护结构受力更加均匀,避免出现局部受力过大的情况。此外,预应力技术还可以与其他支护措施相结合,形成更为完善的支护体系。例如,可以与排桩、地下连续墙等支护结构配合使用,共同抵抗土压力,提高基坑工程的整体稳定性。

3.3 实施地下水控制

在基坑工程中,地下水的变化不仅会影响土体的物理力学性质,还会对支护结构产生直接的水压力,进而影响土压力的分布和大小。因此,实施有效的地下水控制措施对于维持基坑支护结构的稳定性至关重要。实施地下水控制的首要任务是制定合理的降水方案。根据工程所在地水文地质条件、基坑开挖深度和支护结构类型等因素,综合采用井点降水、深井降水或集水明排等方法,将地下水水位降低到基坑底面以下一定深度,以减小土体中的孔隙水压力,从而降低土压力。同时,降水过程中要密切监测地下水水位的变化,及时调整降水方案,确保降水效果。除了降水措施外,还需要采取合理的排水措施。通过设置排水沟、集水井和排水管等设施,及时将基坑内的地下水排出,防止地下水在基坑内积聚,从而减小水对支护结构的侧压力^[3]。同时,排水设施的设计和施工要符合相关规范和要求,确保其排水能力满足工程需要。在实施地下水控制时,还需要注意对周边环境的影响。降水过程中可能会引起周边地面的沉降或开裂,因此需要采取必要的措施进行监测和预防。同时,排水过程中产生的废水要进行妥善处理,避免对环境造成污染。

3.4 进行实时监测与调整

在基坑工程中,实时监测与调整是确保支护结构稳定性的关键环节。由于土压力、地下水等多种因素的影响,支护结构在施工过程中可能会遇到各种预料之外的情况。因此,实施实时监测至关重要,它不仅能帮助工程师及时了解施工过程中的各种变化,还能为及时调整施工方案提供数据支持。实时监测的内容包括但不限于土压力的变化、支护结构的变形、地下水水位等关键指标。通过安装在支护结构上的传感器,可以实时获取这些数据,进而分析支护结构的受力状态和稳定性。例

如,在支护结构上安装应变计,可以监测其变形情况;设置土压力盒,可以实时监测土压力的变化。一旦发现监测数据出现异常,如土压力突然增大或支护结构变形超过预定值,应立即进行调整和优化。这可能包括增加支撑、调整预应力、加强排水措施等。调整方案应根据实时监测数据的分析和工程经验来制定,确保既能有效解决问题,又能保证工程的安全和进度。此外,实时监测的数据还可以用于验证设计的合理性和施工的质量。如果监测数据与设计预期不符,可能意味着设计存在缺陷或施工质量有问题,此时需要及时进行检查和整改。

3.5 采用复合支护结构

在基坑工程中,地质条件的复杂性经常是施工面临的一大挑战。特别是在某些特殊或恶劣的地质环境下,单一的支护结构往往难以全面满足稳定性与安全性的双重要求。这时,复合支护结构便成为了一个行之有效的解决方案。复合支护结构,顾名思义,就是结合两种或多种支护形式以形成一个综合的支护系统。这种结构能够充分利用各种支护形式的独特优点,从而实现更高效的土压力抵抗。例如,桩锚支护结合了桩基的稳定性和锚杆的拉伸强度,使得整个结构在承受土压力时更加稳固。而土钉墙与排桩的组合支护,则通过土钉墙对土体的加固作用和排桩的深层支撑,共同形成了一个强大的支护屏障。在实际应用中,复合支护结构的选择与设计需要综合考虑多种因素。这包括地质条件、基坑深度、周围环境以及施工条件等。设计师需要根据这些因素进行详细的力学分析和模拟,以确定最合适的支护组合方式。同时,施工过程中也需要严格控制施工质量,确保每一种支护形式都能发挥其应有的作用。

3.6 合理安排施工顺序

在基坑工程中,合理安排施工顺序是确保工程安全、优化土压力分布以及维护支护结构稳定性的关键环节。施工顺序的不当可能导致局部土压力集中,进而增加支护结构的负担,甚至引发工程事故。首先,基坑开挖的顺序应遵循“分层、分段、对称、平衡、限时”的

原则。具体来说,可以采用从中心向两侧或从两侧向中心的开挖方式,以保持土压力的平衡。同时,每层开挖的深度应适中,避免一次性开挖过深导致土压力突然增大。其次,施工速度的控制也至关重要。过快的开挖速度可能导致土体应力来不及调整,从而在局部区域形成过大的土压力集中^[4]。因此,应根据实际情况合理安排施工进度,确保土体应力有足够的时间进行平衡和调整。此外,施工顺序的安排还需考虑支护结构的施工。支护结构的施工应与基坑开挖密切配合,确保在开挖过程中及时提供必要的支撑。同时,支护结构的施工顺序也应遵循从下到上、逐层施工的原则,以确保其整体稳定性。最后,施工期间应密切关注土压力和支护结构的变形情况。一旦发现异常情况,应立即停止施工并进行调整。这可能需要改变原定的施工顺序或速度,以确保工程的安全。

结语

基坑支护结构中的土压力分布与稳定性分析是基坑工程设计的关键环节。本文详细探讨了土压力分布的特点及其影响因素,并介绍了两种常用的稳定性分析方法。未来的研究应进一步关注土压力分布的动态变化过程以及不同支护结构类型对土压力分布和稳定性的影响。此外,加强现场监测和数据分析也是确保基坑工程安全的重要手段之一。通过实时监测支护结构的变形、土压力等参数,可以及时发现潜在的安全隐患并采取相应的措施进行预防和控制。

参考文献

- [1]赵忠营.不同深基坑围护方法稳定性分析[J].中国新技术新产品,2022(18):88-91.
- [2]胡振辉.基于总势能方法的青岛某深基坑稳定性分析[D].青岛理工大学,2022(11):78-80.
- [3]张佳莉.苏州地区软土深基坑围护结构变形特性及稳定性研究[D].苏州大学,2020(19):98-102
- [4]冯春蕾.复杂地层条件下地铁车站深基坑工程安全性及其控制研究[D].北京交通大学,2020(18):100