

浅析膨胀土地区基坑支护工程失稳问题

付冬

中交第二航务工程勘察设计院有限公司 湖北 武汉 430060

摘要：膨胀土作为一种特殊土壤类型，因其胀缩性、裂隙性、超固结性、强度衰减性，对基坑支护结构的稳定性造成了不利影响。本文简要分析探讨了膨胀土地区基坑支护工程失稳的原因，提出了关于在勘察设计施工及新材料新工艺方面防止基坑失稳提高支护结构承载力的措施和建议，为膨胀土地区基坑支护工程的设计与施工提供有益的参考，确保工程的安全和稳定。

关键词：膨胀土地区；基坑支护；稳定性；新材料新工艺

引言：膨胀土因其独特的物理特性，如胀缩性、裂隙性、超固结性、强度衰减性，在基坑支护工程中往往带来稳定性问题。特别是在我国一些膨胀土分布广泛的地区，这类问题尤为突出。本文旨在探讨膨胀土地区基坑支护工程失稳的原因，分析膨胀土的物理特性及其对支护结构的影响，并提出相应的预防和应对措施。通过本文的研究，旨在为膨胀土地区的基坑支护工程设计与施工提供有益的参考和启示，以确保工程的安全和稳定。

1 膨胀土对基坑支护工程的影响

1.1 膨胀土胀缩性对支护结构的影响

胀缩性是膨胀土最直观的特征，主要表现为吸水体积膨胀软化，失水体积收缩干裂，易崩解。蒙脱石含量越高，土体的胀缩能力越大；初始含水率越小，土体的膨胀率越大；密实度越高，土体膨胀率越大；膨胀率越大，含水率越低，土体越易崩解的特征。当膨胀土吸水膨胀时，土壤的体积会增加，从而对支护结构产生向外的推力；而当膨胀土失水收缩时，土壤的体积会减小，可能会导致支护结构产生裂缝或者产生不均匀沉降。这些都会对支护结构的稳定性造成不利影响。

1.2 膨胀土裂隙性对基坑稳定性的影响

膨胀土裂隙破坏了土体的完整性，且裂隙间往往会随时间推进向土体深部发展，使其工程性质有着不同程度的下降，并为地表水入渗提供了渗流路径，土体抗剪强度降低，水压力增大，对支护结构的稳定性造成不利影响^[1]。

1.3 膨胀土超固结性对基坑稳定性的影响

超固结性使膨胀土具有较高的强度、较小的压缩性特点。膨胀土原状结构破坏后就很难恢复到原生密实状态，从而导致次生膨胀土的胀缩性大幅上升。基坑膨胀土体开挖后，应力释放，基坑土体卸荷膨胀，对基坑稳定产生不利影响。

1.4 膨胀土强度衰减性对基坑稳定性的影响

膨胀土的强度存在典型的时效性。具有初期峰值强度高，往往导致具有很高的承载力和开挖困难特征。但随着时间推移，膨胀土的强亲水性和多裂隙性、超固结性会导致土体的强度、完整性不断衰减，从而形成与峰值强度落差很大的残余强度，导致膨胀土扰动或暴露于大气影响层后的强度在短时间内出现非常明显的衰减。

1.5 膨胀土受到环境影响对支护结构的稳定性影响

膨胀土在受到环境变化（如降雨、污水管漏水等）时，膨胀土受水浸泡，体积明显变化，抗剪强度大幅度降低，主动土压力所产生的力矩呈数十倍急剧增大，导致原有结构不能满足支护要求^[2]。在一定含水率范围内，膨胀土随着含水率的提高，膨胀力大小整体呈下降的趋势；膨胀土在其含水率较低时，潜在膨胀力很大，对工程影响特别大。

2 膨胀土地区基坑支护工程失稳的原因分析

2.1 设计与施工过程中的问题

设计与施工过程中的问题是导致基坑支护工程失稳的主要原因之一。设计阶段，未能准确评估地质条件、地下水位、土壤类型（特别是膨胀土）等因素；基坑顶地面未进行有效封闭、桩顶斜坡未设置截水措施，导致大量的降雨沿斜坡汇流、下渗至坑壁；桩间土未设置有效的泄水孔以疏排下渗的地下水；未考虑膨胀土膨胀力、未考虑膨胀土浸水后 c 、 ϕ 值降低；桩间距过大、桩间钢筋网喷射砼配筋间距过大；冠梁侧面纵向配筋偏少，冠梁刚度偏小。这些都会导致支护结构承载能力不足，基坑支护失稳。施工阶段，施工质量问题如桩长不足，基坑土方超挖等，施工工序的不合理，应急处理过程中也未能及时设置排水孔，都会导致支护结构发生失稳。

2.2 膨胀土吸水膨胀与失水收缩的影响

膨胀土作为一种特殊的土壤类型，其吸水膨胀和失

水收缩的特性对基坑支护结构的稳定性具有重要影响。当膨胀土吸水时,其体积会显著增大,产生向坑内的推力,即膨胀力,可能导致支护结构发生变形或破坏。而当膨胀土失水时,其体积会减小,可能导致支护结构产生裂缝或沉降,同样威胁其稳定性。这种膨胀和收缩的过程还可能引起土壤的不均匀沉降,进一步加剧支护结构的不稳定性。

2.3 其他可能的失稳因素

除了上述因素外,还有一些其他因素也可能导致基坑支护工程失稳。例如,外部荷载的影响,包括邻近建筑物、施工设备基础产生的附加应力等,都可能对支护结构产生水平推力,导致其失稳。其次,施工工序的不合理、不对称开挖、施工中的震动等都可能影响支护结构的稳定性。此外,环境因素如降雨、温度变化等都会对基坑支护结构产生不利影响。

3 防止基坑支护工程失稳的措施与建议

3.1 做好基坑勘察,提供可靠的基坑设计依据

在进行基坑勘察和设计依据提供方面,了解膨胀土的分布、节理裂隙特征、岩土层界面以及软弱结构面至关重要,以确保基坑支护设计的安全性。为此,应在关键地区增设探坑探井,其深度不应低于大气影响的深度,并且采取原状土样。利用这些原状土样,进行自由膨胀率、膨胀力和收缩力学试验,这将帮助更准确地评估膨胀土的行为。

此外,应对膨胀土的裂隙状态、饱和状态以及地表水对膨胀土变形和强度参数的影响进行详细的分析和评价,并基于这些分析提供实际的土体强度参数建议值。在某些情况下,还需要进行粘粒成分分析,以更深入地了解土壤的特性。

通过室内试验和现有资料的统计分析,可以确定地基的胀缩等级。结合实际进行的膨胀试验,可以制定出基坑支护的合理建议,并提供可靠的基坑计算参数,如 c 值和 ϕ 值的取值建议。膨胀土因裂隙分布范围、发育程度、方向、厚度等在粘土中随机分布,基坑开挖后地表水下渗条件不确定,粘土的抗剪强度指标确定困难。经过多年实践和总结,正常情况下,对于硬塑粘土的粘聚力 $C = 25-30\text{kPa}$;内摩擦角 $\phi = 15-18^\circ$,设计出的基坑出事概率较低。这一系列综合措施将为基坑支护设计提供坚实的科学依据,确保施工安全和工程的长期稳定性。

3.2 优化支护结构方案设计,提高支护结构的承载能力与稳定性

在设计阶段,建议采用 $30-100\text{kPa}$ 的膨胀力经验取值,并严格避免在膨胀土广泛分布的三级阶地区使用击

入式钢管土钉墙和锚索(杆)作为基坑支护体系的受力构件。为了提高结构的稳定性,支护桩顶部的放坡高度应尽量减小并控制,同时坡顶开挖深度范围内的地面应进行混凝土硬化和完善排水措施^[3]。冠梁的封闭设计形成一个整体,必要时通过角撑或水平撑增强其稳定性。在膨胀土地区,优先选择扩大头锚索、内支撑或双排桩等高可靠性支护方式,并严格控制支护桩的间距,确保在三级阶地的护壁桩净间距不大于 800mm ,二级阶地不大于 1000mm 。护壁桩间的土壤应使用与支护桩焊接连接的钢筋网喷砼作支护,喷砼厚度不少于 80mm 。对于深度超过 15m 或周边环境复杂的基坑,宜设置腰梁,坡脚排水应妥善处理,禁止浸泡,并保持坑内排水沟与坑壁适当距离,同时确保支护桩在膨胀土中具有足够的嵌固深度。在施工过程中,减小膨胀土的分段长度,加速封闭速度,减少晾晒,严格禁止超挖。施工初期应优先执行周边截水沟的施工并进行地面硬化。坑内坡脚积水应及时清除,避免浸泡,并根据地面情况及时用水泥砂浆或沥青封闭周边裂缝。同时,加强施工巡查并重视第三方监测,确保工程质量和安全。

3.3 加强施工过程的监控与管理,确保施工质量与安全

加强施工过程的监控与管理,确保施工质量与安全,成为防止基坑支护工程失稳的关键措施之一。(1)建立健全质量管理体系,明确施工质量控制标准和措施,确保每个施工环节都有明确的质量要求和检验标准。通过制定详细的施工方案和作业指导书,规范施工人员的操作行为,从而减少施工过程中的质量波动和失误。(2)加强施工现场管理,施工现场应实行封闭管理,设置明显的安全警示标志,并配备专业的安全管理人员进行巡查。施工人员应持有相应的操作证书,并严格按照规范进行操作。对于重要施工环节,可以采用视频监控等技术手段进行实时监控,确保施工质量与安全。(3)定期对施工质量进行检查和评估,及时发现施工过程中的问题并采取相应的处理措施,防止潜在安全隐患。同时,对于施工过程中的质量问题和不合格项,应进行整改并重新检验,确保问题得到彻底解决。(4)加强与设计、监理等单位的沟通协作,各参建方保持密切联系,及时沟通施工过程中的问题和困难,共同商讨解决方案。监理单位应履行好其职责,对施工过程进行严格的监督和管理,确保施工质量与安全。针对膨胀土等特殊地质条件,膨胀土地区进行基坑开挖时,可采用分层开挖、及时支护的方法,减少土壤暴露时间和面积,降低膨胀土吸水膨胀的影响。同时,加强地下水位

的监测与控制,以确保地下水位在合理范围内波动,避免对支护结构造成不利影响。

3.4 采用新材料新工艺,提高支护桩水平承载力

随着科技的不断进步,采用先进的施工工艺与技术成为了提高支护结构性能的有效手段。新型纤维复合筋(FRP筋),包括玻璃纤维筋(GFRP筋)、玄武岩纤维筋(BFRP筋)和碳纤维筋(CFRP筋),是一种通过单向连续纤维拉挤成型并用树脂浸渍固化的纤维增强复合材料制品。FRP筋的纤维含量通常在50%至65%之间,其抗拉强度随纤维含量的提高而增加,可达普通同直径钢筋的1.6倍以上。这种筋材具有显著的电磁绝缘性,适用于特殊工程建设需求,同时具备出色的耐腐蚀性能,使其能在恶劣的腐蚀环境中稳定工作。此外,FRP筋的密度仅为钢筋的1/6至1/4,有利于减轻结构自重,且其弹性模量与混凝土相近,易于与混凝土协同工作,同时也便于切割。

在膨胀土地区基坑支护中,使用FRP筋替代普通钢筋可大幅提升支护桩的受弯和受剪性能。由于FRP筋的低密度、高抗拉强度和优异的耐腐蚀性能,它在基坑支护应用领域显示出广阔的应用前景,能有效弥补传统支护桩在膨胀土地区水平承载力方面的不足。

除了新材料外,可采用压力喷注灌浆加固膨胀土,通过灌浆压力作用,充分利用膨胀土中存在的大量裂隙,将化学改良剂或胶凝材料配制成一定浓度的浆液注入土体的裂隙和孔隙中,使浆液与土发生一系列的物理化学反应,达到土体改性、加固、抑制膨胀性的目的,提高其稳定性和承载能力,进而减小膨胀土对支护桩的水平作用力。

此外,针对膨胀土地区普通锚索承载力低、预应力易损失的通病,可采用承压囊式扩体锚索。

3.5 建立完善的监测与预警系统,及时发现并处理潜在的安全隐患

在基坑支护工程中,建立完善的监测与预警系统是保障工程安全、防止潜在失稳问题的关键措施。(1)在基坑开挖前,应制定详细的监测方案。明确监测的内容、方法和频率,确保监测工作有针对性、有计划性地

进行。监测内容应涵盖支护结构的变形、地下水位变化、土压力分布等关键参数,以便全面了解支护结构的工作状态。(2)施工过程中,加强对关键部位和关键参数的监测。对周边环境、支撑轴力等参数进行实时监测,及时发现异常情况。同时,还应对施工现场的环境因素进行监控,如气候变化等,及时调整施工方案和监测方案。(3)根据监测数据,及时分析评估支护结构的稳定性状况。一旦发现异常情况或安全隐患,应立即启动预警机制,并采取相应的处理措施。例如,通过回填反压措施进行紧急处理,桩后脱空区域进行桩后卸载放坡喷锚,基坑内部设置斜支撑;临近建筑物区域坑内设置斜支撑,排桩加设锚索,基坑阳角区域设置对拉锚索等,确保基坑工程的安全稳定^[4]。(4)定期对监测设备进行检查和维护也是必不可少的。监测设备的准确性和可靠性直接关系到监测数据的准确性和有效性。因此,应定期对监测设备进行检查和维护,确保其正常运行和准确性。

结束语

经过对膨胀土地区某基坑支护工程失稳问题的深入研究,我们发现膨胀土的特殊性质,特别是其体积随水分含量变化的特性,是导致支护结构失稳的关键因素。本文从工程实践出发,分析了失稳问题的成因,并针对性地提出了解决方案。期望通过这些措施,能够增强膨胀土地区基坑支护工程的稳定性,为相关工程实践提供有益的参考。同时,也期待未来在膨胀土工程领域取得更多的技术突破。

参考文献

- [1]沈振元.影响膨胀土基坑稳定性因素分析[J].建筑科学,2012,09:76-78.
- [2]杨麟.膨胀土基坑稳定性影响因素分析[J].建筑技术开发,2021,08:159-160.
- [3]李钧宏.土钉墙在膨胀土深基坑支护中的应用[J].山西建筑,2019,31(8):64-65.
- [4]王利军.喷锚支护结构在膨胀土地区基坑支护中的应用[J].中国煤炭地质,2019,26(1):48-50.