

堤防工程边坡稳定性分析与加固措施研究

郑 艳 李妹钰

郑州市水利建筑勘测设计院 河南 郑州 450006

摘要: 堤防工程, 作为防洪减灾的坚实堡垒, 其边坡稳定性不仅关乎工程自身的安危, 更承载着守护人民生命财产安全的神圣使命。本文通过对堤防工程边坡稳定性的影响因素、分析方法和加固措施进行综合研究, 旨在为堤防工程的安全运行提供理论支撑和实践指导。文章首先介绍了堤防工程边坡稳定性的重要性, 然后分析了影响边坡稳定性的主要因素, 接着探讨了边坡稳定性的分析方法, 最后提出了针对性的加固措施。

关键词: 堤防工程; 边坡稳定性; 影响因素; 分析方法; 加固措施

引言

随着全球气候变暖, 极端天气如暴雨、台风等日益频繁, 洪水灾害的发生概率和影响范围也在不断增大。堤防工程, 作为抵御洪水侵袭的第一道防线, 其稳固性和安全性对保护人民生命财产安全至关重要。然而, 受多种因素影响, 堤防工程边坡时常面临稳定性问题, 一旦失稳, 后果不堪设想。因此, 深入研究影响堤防工程边坡稳定性的主要因素及其加固措施, 不仅是工程技术领域的重要课题, 更是关乎社会和谐、人民福祉的重大问题。

1 影响堤防工程边坡稳定性的主要因素

1.1 地质条件

1.1.1 岩土类型

黏性土具有较高的黏聚力和内摩擦角, 通常具有较好的稳定性。但其遇水后易软化, 抗剪强度会显著降低。砂性土的内聚力较小, 稳定性主要依赖于内摩擦角。在干燥状态下, 砂性土边坡通常较稳定; 但在水的作用下, 其稳定性会迅速降低。岩石边坡的稳定性通常较好, 但受到节理、裂隙等结构面的影响。在风化、水蚀等作用下, 岩石的完整性会受到破坏, 进而影响边坡的稳定性。

1.1.2 地质构造

断层和破裂带会导致岩体的连续性中断, 为地下水的流动提供通道, 从而降低边坡的稳定性。地质构造中的褶皱和倾斜地层可能会导致边坡中存在潜在的滑动面, 增加失稳的风险。地下水条件: 地下水位的升降会改变土体的有效应力分布, 从而影响边坡的稳定性。当地下水位上升时, 土体的有效应力减小, 抗剪强度降低, 边坡稳定性下降。地下水的流动会带走土体中的细小颗粒, 导致土体结构疏松, 强度降低, 进而影响边坡的稳定性。

1.2 气候条件

降雨: 长时间的降雨或暴雨会导致土体饱和度的增加和强度的降低。雨水渗入土体后, 会增加土体的重量和孔隙水压力, 从而降低边坡的稳定性。风: 强风会对边坡产生额外的动荷载, 可能导致表层土体的剥落和滑坡的发生^[1]。温度: 温度的变化会影响土体的冻融过程和收缩膨胀特性。在寒冷地区, 土体的冻融循环会导致其结构的破坏和强度的降低, 从而影响边坡的稳定性。

1.3 工程设计

堤防工程的设计参数如边坡坡度、高度等直接影响边坡的稳定性。过于陡峭的坡度或过高的堤防会增加边坡失稳的风险。不同的堤防结构形式(如重力式、加筋式等)对边坡稳定性的影响不同。合理的结构形式能够有效地提高边坡的稳定性。

1.4 人为因素

施工质量的好坏直接影响堤防工程的结构完整性和稳定性。如施工过程中存在偷工减料、压实不足等问题, 会降低堤防的抗滑能力和稳定性。堤防工程的运行管理水平也是影响边坡稳定性的重要因素。定期巡查、及时维护和加固措施的实施能够确保堤防工程在长时间内保持良好的稳定性。人类活动如河道采砂、岸边开垦等可能会破坏堤防工程的自然平衡状态, 增加边坡失稳的风险。同时, 人类活动产生的废弃物和污染物也可能对土体性质产生不利影响, 进而影响边坡的稳定性。

2 堤防工程边坡稳定性分析方法

2.1 定性分析

定性分析是对堤防工程边坡稳定性进行初步评价的重要手段。它主要依赖于工程地质勘察和现场调查, 通过对边坡的形态、地质条件、环境因素等进行综合分析和判断, 对边坡的稳定性进行宏观评估。首先, 工程地质勘察。地形地貌调查: 了解边坡的形态、高度、坡度

等基本信息,初步判断边坡的失稳类型和潜在危险。地层岩性调查:通过钻探、坑探等手段,查明边坡地层的岩性、厚度、产状等,分析其对边坡稳定性的影响。水文地质调查:了解地下水的分布、水位、流动情况等,评估地下水对边坡稳定性的影响。其次,现场调查。边坡变形监测:通过定期或连续的变形监测,了解边坡的变形趋势和速率,为稳定性评价提供依据。地质灾害调查:调查边坡附近是否有滑坡、泥石流等地质灾害的发生,分析其与边坡稳定性的关系。

2.2 定量分析

定量分析是对堤防工程边坡稳定性进行精确计算和评价的方法。它采用数学和力学原理,通过建立数值模型对边坡的稳定性进行量化分析。首先,极限平衡法。基本原理:极限平衡法基于刚体平衡原理,通过设定潜在滑动面并计算其安全系数来评价边坡的稳定性。该方法简单易行,广泛应用于工程实践中。常用方法:如Fellenius法、Bishop法、Janbu法等,每种方法都有其特定的假设和适用范围。其次,有限元法。基本原理:有限元法是一种基于数学近似的方法,通过将连续体离散化,构造有限个单元来模拟实际结构。它可以精确地模拟土体的非线性行为和复杂的边界条件,为稳定性评价提供准确的数据支持。应用步骤:建立有限元模型、选择本构模型、施加边界条件和荷载、求解和结果分析等。

2.3 不确定性分析

不确定性分析是考虑地质条件、气候变化等不确定性因素,对堤防工程边坡稳定性进行概率风险评估的方法。它旨在量化各种不确定性因素对边坡稳定性的影响,为决策者提供更加全面和可靠的信息。首先,概率风险评估。基本原理:概率风险评估基于概率论和数理统计原理,通过分析历史数据、专家经验等信息,评估各种不确定性因素对边坡稳定性的影响概率和程度。实施步骤:确定不确定性因素、建立概率模型、进行敏感性分析和风险评估等。其次,敏感性分析。基本原理:敏感性分析旨在探究各种不确定性因素对边坡稳定性的影响程度。通过改变某一因素的取值,观察其对稳定性评价结果的影响,从而确定该因素的重要性。实施方法:可以采用单因素敏感性分析或多因素敏感性分析,根据分析结果制定相应的风险管理策略^[2]。

3 堤防工程边坡加固措施研究

3.1 削坡减载

第一,削减边坡高度。削减边坡高度是削坡减载的一种主要方式。在地质条件较差或边坡高度过高的情况下,适当降低边坡高度可以有效地减小下滑力,提高边

坡的稳定性。同时,降低边坡高度还可以减小土体的自重,从而减小土体的变形和破坏的可能性。在实施削减边坡高度的加固措施时,需要进行详细的地质勘察和设计计算,确定合理的削减高度和坡度。同时,还需要考虑施工过程中的安全问题,采取适当的支护措施,确保施工的安全和顺利进行。第二,减缓边坡坡度。减缓边坡坡度是另一种有效的削坡减载方式。通过减缓边坡的坡度,可以减缓土体滑坡趋势,提高边坡的稳定性。同时,减缓坡度还可以改善土体的应力分布,减小土体的变形和破坏的可能性。在实施减缓边坡坡度的加固措施时,同样需要进行详细的地质勘察和设计计算,确定合理的坡度和削坡方案。同时,还需要考虑施工过程中的排水问题,采取适当的排水措施,防止水流对边坡的冲刷和渗透破坏。第三,施工注意事项。地质勘察:进行详细的地质勘察,了解边坡的地质条件、水文条件等,为设计提供准确的数据支持。设计计算:根据地质勘察结果和工程要求进行设计计算,如边坡稳定分析、边坡滑塌治理等,确定合理的削减高度、坡度和施工方案。施工安全:在施工过程中采取适当的支护措施和安全措施,确保施工的安全和顺利进行。环境保护:注意保护施工现场的环境,减少对周围环境的影响和破坏。

3.2 支挡结构

第一,抗滑桩。抗滑桩是一种深入土体的桩体结构,通过桩身与周围土体的相互作用,将下滑力传递到深层稳定土层,从而有效地阻止边坡的滑动。抗滑桩具有施工简便、效果显著等优点,被广泛应用于堤防工程的边坡加固中。在实施抗滑桩加固措施时,需要进行详细的地质勘察和设计计算,确定合理的桩的位置、直径、深度和间距等参数。同时,还需要选择合适的桩型和施工方法,确保施工的质量和效率。第二,挡土墙。挡土墙是一种垂直于地面的墙体结构,通过墙体自身的重量和土体对墙背的被动土压力来抵抗下滑力,保持边坡稳定。挡土墙具有结构简单、施工方便等优点,在堤防工程的边坡加固中也被广泛应用。在实施挡土墙加固措施时,同样需要进行详细的地质勘察和设计计算,确定合理的墙的位置、高度、厚度和材料等参数。同时,还需要考虑排水和地基处理等问题,确保挡土墙的稳定性和安全性。第三,施工注意事项。地质勘察:进行详细的地质勘察,了解边坡的地质条件、水文条件等,为设计提供准确的数据支持。设计计算:根据地质勘察结果和工程要求进行设计计算,确定合理的支挡结构形式和参数。施工质量:在施工过程中严格控制施工质量,确保支挡结构的稳定性和安全性。监测与维护:在支挡

结构施工完成后,需要进行定期的监测与维护,及时发现并处理可能出现的问题。

3.3 加固措施

第一,注浆加固。注浆加固是一种通过向岩土体中注入水泥浆、化学浆液等材料,改善岩土体的力学性质,提高其强度和稳定性的方法。注浆材料在岩土体中的渗透和固结作用,能够有效地增强岩土体的内聚力和内摩擦角,提高其抗剪强度和变形模量。在实施注浆加固时,首先需要进行详细的地质勘察,了解岩土体的性质、裂隙发育情况等,确定合理的注浆参数和工艺。然后,通过钻孔将注浆管送入指定位置,注入注浆材料,待其固结后形成加固体,提高边坡的稳定性。第二,锚固技术。锚固技术是一种通过在边坡内部或表面设置锚杆或锚索,利用锚固体与周围岩土体的粘结力或摩阻力来提供抗滑力,从而提高边坡的稳定性方法^[1]。锚固技术具有施工简便、效果显著等优点,被广泛应用于堤防工程的边坡加固中。在实施锚固技术时,同样需要进行详细的地质勘察和设计计算,确定合理的锚杆或锚索的位置、长度、直径等参数。然后,通过钻孔将锚杆或锚索送入指定位置,采用注浆或膨胀等方法使其与周围岩土体形成牢固的粘结,提供稳定的抗滑力。第三,施工注意事项。选择合适的加固方法:根据地质条件和工程要求选择合适的加固方法,确保施工效果和经济效益。控制施工质量:在施工过程中严格控制施工质量,确保注浆材料的质量和注浆效果,以及锚杆或锚索的安装质量和锚固效果。监测与维护:在加固措施施工完成后,需要进行定期的监测与维护,及时发现并处理可能出现的问题,确保堤防工程的长期稳定和安全。

3.4 排水措施

第一,排水沟的设置。排水沟是一种常用的排水设施,通常设置在边坡的顶部或侧面,用于拦截和排导地表水和地下水。在设置排水沟时,需要根据地形、地质条件和水文条件进行合理设计,确定合适的沟深、沟宽和坡度等参数。同时,还需要选择合适的材料和施工方法,确保排水沟的耐久性和排水效果。第二,排水管

的应用。排水管是一种将地下水或地表水引导至指定位置的管道设施。在堤防工程中,排水管通常埋设在边坡内部,用于降低地下水位和孔隙水压力。在设置排水管时,需要进行详细的地质勘察和设计计算,确定合理的管道直径、埋设深度和间距等参数。同时,还需要选择合适的管道材料和连接方式,确保管道的耐久性和排水效果。第三,排水措施的效果。通过设置合理的排水设施,可以有效地降低地下水位和孔隙水压力,减少水分对边坡稳定性的影响。排水措施能够改善边坡的土体性质,提高其抗剪强度和变形模量,从而增强边坡的稳定性。此外,排水措施还能够减少水流对边坡的冲刷和渗透破坏,延长边坡的使用寿命。第四,施工注意事项。地质勘察:进行详细的地质勘察,了解边坡的地质条件、水文条件等,为设计提供准确的数据支持。设计计算:根据地质勘察结果和工程要求进行设计计算,确定合理的排水设施参数和施工方案。施工质量:在施工过程中严格控制施工质量,确保排水设施的位置、深度和坡度等符合设计要求。维护管理:定期对排水设施进行维护和管理,确保其畅通有效,及时发现并处理可能出现的问题。

结语

本文通过对堤防工程边坡稳定性的影响因素、分析方法和加固措施进行综合研究,为堤防工程的安全运行提供了理论支撑和实践指导。在实际工程中,应根据具体情况选择合适的分析方法和加固措施,确保堤防工程在极端天气等不利条件下的安全运行。未来随着科技的不断进步和新型材料的研发应用,相信会有更多高效、环保的加固技术应用于堤防工程建设中。

参考文献

- [1]吴秋见.水利堤防边坡稳定性分析与加固[J].建筑工程施工技术与设计,2021(7):1449.
- [2]邱任华.堤防工程边坡稳定性分析及应用[J].河南水利与南水北调,2020,49(01)
- [3]陈凯,张志来,许诺.水利堤防边坡稳定性分析与加固[J].绿色环保建材,2019(06)