

Quantitative Assessment of the Impact of Engineering Geological Factors on the Stability of Large-scale Infrastructure

Zhenyang Xu¹ Yong Tian¹ Ping Li²

1. Jiangsu Provincial Engineering Survey and Research Institute Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

2. Jiangsu Taihu Water Conservancy Planning and Design and Research Institute Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225000, China

Abstract

This paper thoroughly investigates the impact of engineering geological factors on the stability of large-scale infrastructure and conducts a quantitative assessment using geological survey, experimentation, and numerical simulation. The accuracy of the assessment methods is verified through the analysis of two practical engineering cases, based on which the assessment methods are optimized, and specific measures to enhance infrastructure stability are proposed. The research results provide significant guidance for ensuring the safe operation of infrastructure. The main contents include: classification and characteristic analysis of engineering geological factors; methods and steps of quantitatively evaluating the influence of engineering geological factors on the stability of large infrastructure; application analysis based on actual engineering cases; optimization and improvement suggestions of evaluation methods.

Keywords

engineering geology; infrastructure; stability; quantitative assessment

工程地质因素对大型基础设施稳定性影响的定量评估

徐镇扬¹ 田涌¹ 李萍²

1. 江苏省工程勘测研究院有限责任公司, 中国·江苏·扬州 225000

2. 江苏省太湖水利规划设计研究院有限公司, 中国·江苏·扬州 225000

摘要

论文深入探讨了工程地质因素对大型基础设施稳定性的影响, 采用地质调查、试验和数值模拟等方法进行定量评估。通过两个实际工程案例, 验证了评估方法的准确性, 并在此基础上对评估方法进行了优化, 提出了提高基础设施稳定性的具体措施。研究结果对确保基础设施安全运行具有重要指导意义。主要内容包括: 工程地质因素的分类和特征分析; 定量评估工程地质因素对大型基础设施稳定性影响的方法和步骤; 基于实际工程案例的应用分析; 对评估方法的优化和改进建议。

关键词

工程地质; 基础设施; 稳定性; 定量评估

1 引言

随着社会经济的快速发展和城市化进程的加快, 大型基础设施建设日益增多, 其稳定性直接关系到人民生命财产安全和社会经济的可持续发展。论文的主要目的是通过对工程地质因素与大型基础设施稳定性关系的深入研究, 建立一套科学合理的定量评估体系, 为工程设计和施工提供理论指导和技术支持。

2 基础理论与研究方法

2.1 工程地质因素的定义和分类

工程地质因素是指在工程建设中, 与地质环境条件相关的各种自然因素和人为因素。这些因素包括地质结构、岩

土体的物理和力学性质、地下水、地震和地质灾害以及人为活动等。根据其性质和影响, 工程地质因素可分为固定因素和变动因素两大类。固定因素主要包括地质结构和岩土体的物理力学性质, 这些因素在工程建设前就已存在, 通过调查可获得; 变动因素主要包括地下水、地震、地质灾害和人为活动等, 这些因素在工程建设和运行过程中可能发生变化, 需要进行动态监测和评估。

2.2 大型基础设施稳定性的定义和评价标准

大型基础设施稳定性是指在设计使用寿命和规定的使用条件下, 基础设施能够保持其结构和功能完好, 不发生破坏或失效的能力。评价大型基础设施稳定性主要从其安全性、可靠性和耐久性三个方面进行, 其中安全性是指在正常使用和极端条件下, 基础设施不发生危及人员安全的故事; 可靠性是指基础设施在规定的条件下, 能够长期正常运行, 完成预定功能; 耐久性是指基础设施在长时间使用过程中, 性能和状态保持良好, 不发生严重退化。

【作者简介】徐镇扬, 男, 中国江苏扬州人, 本科, 工程师, 从事水文地质与工程地质、地质勘查研究。

2.3 定量评估方法介绍

定量评估工程地质因素对大型基础设施稳定性影响的方法主要包括实验研究、理论分析和数值模拟三种。实验研究是通过室内试验和现场试验获取岩土体的物理力学参数，为理论分析和数值模拟提供依据；理论分析是基于岩土力学和工程地质原理，建立相应的力学模型和计算方法，进行稳定性分析；数值模拟是利用计算机技术，通过建立数学模型和运用相应的软件进行模拟计算，分析工程地质因素对基础设施稳定性的影响。

2.4 数据采集和处理

数据采集是定量评估工作的基础，主要包括地质调查、岩土试验和现场监测等。地质调查是通过野外考察、钻探和取样等手段，获取工程区域的地质情况和岩土体的基本参数；岩土试验是对取得的岩土样品进行室内试验，获取其物理力学参数；现场监测是在工程建设和运行过程中，通过安装各种监测仪器，对工程地质因素的变化进行实时监测。数据处理主要包括数据的整理、分析和归纳，为定量评估提供准确可靠的数据支持。

通过上述基础理论的阐述和研究方法的介绍，为后续的工程地质因素对大型基础设施稳定性影响的分析和评估奠定了理论基础，并为实现科学准确的定量评估提供了方法支持。

3 工程地质因素对大型基础设施稳定性的影响

3.1 地质结构

地质结构是指地壳内岩石的排列和构造形态，包括断层、褶皱、节理等。不同的地质结构对大型基础设施稳定性的影响各不相同。例如，断层和节理可能成为水和其他流体的通道，增加基础设施与周围环境的相互作用，导致材料的腐蚀和结构的破坏。褶皱可能导致地表不均匀沉降，影响基础设施的稳定性。为了评估地质结构对基础设施稳定性的影响，需要进行详细的地质调查，获取地质结构的精确信息，并结合工程地质条件和基础设施的具体情况进行分析评估。通过采取相应的工程措施，如加固基础、改变结构布局等，可以减轻地质结构对基础设施稳定性的不利影响。

3.2 岩土体的物理和力学性质

岩土体是构成地球表层的主要物质，其物理和力学性质对基础设施稳定性有着直接影响。例如，岩石的硬度、密度、抗压强度等参数直接关系到基础设施能承受的最大荷载；土体的孔隙率、渗透系数、剪切强度等参数则影响着基础设施在地下水作用下的稳定性。为了准确评估岩土体的物理和力学性质对基础设施稳定性的影响，需要对岩土体进行详细的调查和试验，获取其基本参数，并通过理论分析和数值模拟进行评估。通过优化设计和施工工艺，提高材料质量，可以提高基础设施的稳定性。

3.3 地下水

地下水是指地下岩土孔隙或裂隙中的水，其动态变化对基础设施稳定性有着重要影响。例如，地下水的涌入可以

导致基坑和隧道的不稳定，地下水位的升降可以引起地面的沉降或隆起，地下水的腐蚀作用可以导致基础设施材料的退化。为了评估地下水对基础设施稳定性的影响，需要对地下水的水文地质条件进行详细调查，监测地下水水位的动态变化，并通过理论分析和数值模拟进行评估。通过采取排水、防水、加固等措施，可以减轻地下水对基础设施稳定性的不利影响。

3.4 地震和地质灾害

地震和地质灾害是指由于地球内部能量释放或地质环境变化引起的一系列自然现象，如地震、滑坡、泥石流等。这些现象对基础设施稳定性构成严重威胁。例如，地震可以导致基础设施的破坏或倒塌，滑坡和泥石流可以堵塞河流，破坏桥梁和道路。为了评估地震和地质灾害对基础设施稳定性的影响，需要对工程区域的地震地质和地质灾害条件进行详细调查，评估可能发生的灾害类型和规模，并通过理论分析和数值模拟进行评估。通过采取抗震加固、预警监测、规避危险区域等措施，可以提高基础设施的抗灾能力，保障其稳定性。

4 案例研究

为了更直观地展示工程地质因素对大型基础设施稳定性影响的实际情况，选取了两个具有代表性的案例进行详细分析。

4.1 某高速公路隧道工程案例

4.1.1 工程概况

某高速公路隧道工程位于地质结构复杂、地震活动频繁的山区，全长约5km。隧道沿线地质条件复杂，主要由花岗岩、页岩和砂岩组成，地下水丰富。

4.1.2 工程地质问题及影响

在隧道开挖过程中，遭遇了多次地质灾害，主要包括涌水、坍塌和地质构造带来的不稳定性。涌水主要发生在隧道穿越砂岩和页岩地段，导致隧道内积水严重，施工困难；坍塌主要发生在隧道两端的花岗岩地段，由于地应力释放，导致岩体破碎，隧道顶部和侧壁出现坍塌；地质构造带的不稳定性主要发生在隧道穿越断层带地段，地质条件复杂，岩体破碎，稳定性差。

4.1.3 解决措施及效果

为了保障隧道工程的稳定性，工程团队采取了一系列措施：在涌水严重地段，进行预注浆加固，降低地下水位，增强岩土体的稳定性；在坍塌地段，采用支护加固措施，如设置锚杆、喷射混凝土等，提高隧道围岩的稳定性；在地质构造带地段，增强勘查力度，详细了解地质情况，采用合理的开挖和支护方法，确保隧道稳定。通过这些措施的实施，隧道工程最终成功穿越了复杂地质区段，确保了工程的稳定性和安全性。

4.2 某大型水库工程案例

4.2.1 工程概况

某大型水库工程位于河流上游，总库容量达到数十亿

立方米。水库大坝为混凝土重力坝，高度超过100m。

4.2.2 工程地质问题及影响

水库区域地质条件复杂，主要由灰岩、页岩和泥岩组成。在大坝建设过程中，发现基岩中存在多组裂隙，部分区域地下水丰富。这些工程地质问题对大坝的稳定性构成了严重威胁。裂隙的存在增加了水对岩体的侵蚀作用，可能导致岩体强度降低；地下水的丰富使得大坝基础承受的水压增大，影响大坝稳定性。

4.2.3 解决措施及效果

为了解决这些工程地质问题，工程团队进行了详细的地质调查和试验，对裂隙和地下水进行了准确评估。在裂隙发育区域，采取注浆加固措施，填补裂隙，提高岩体的整体稳定性；在地下水丰富区域，设置排水系统，降低水位，减小水对大坝基础的压力。通过这些措施的实施，确保了大坝基础的稳定性，成功防止了由工程地质问题引发的安全事故。

通过上述两个案例的分析，展示了工程地质因素对大型基础设施稳定性影响的具体表现，以及解决这些问题的有效措施，为类似工程提供了有价值的参考和借鉴。

5 定量评估方法的应用和优化

在大型基础设施的设计、施工和运营过程中，对工程地质因素的影响进行定量评估是确保其稳定性和安全性的重要环节。论文将详细介绍定量评估方法的应用及其优化策略。

5.1 定量评估方法的应用

5.1.1 地质调查与试验

在工程地质评估的初期阶段，地质调查和岩土工程试验是获取基础数据的主要手段。地质调查主要包括地表调查和地下探测，可以获得岩土体的分布、构造、物理力学性质等信息；岩土工程试验则通过对岩土样品进行室内试验，获得其强度、变形、渗透等参数。这些基础数据为后续的定量评估提供了可靠依据。

5.1.2 数值模拟

基于地质调查和试验获取的数据，可以运用数值模拟方法对工程地质因素对基础设施稳定性的影响进行模拟分析。常用的数值模拟软件有FLAC、ANSYS、ABAQUS等，可以模拟岩土体的应力-应变关系，分析不同工况下基础设施的稳定性状态。数值模拟方法能够直观地展示工程地质因素对基础设施的影响，为工程设计和施工提供科学依据。

5.1.3 现场监测

除了地质调查、试验和数值模拟外，现场监测也是一种重要的定量评估手段。通过在基础设施的关键部位安装监测仪器，如应变计、位移计、水位计等，实时监测其在施工和运营过程中的变形、应力和环境参数等，可以及时发现潜在的稳定性问题，为采取相应的措施提供依据。

5.2 定量评估方法的优化

5.2.1 提高地质调查的精度

地质调查是定量评估的基础，其精度直接影响评估结

果的可靠性。为了提高地质调查的精度，可以采用多种地质勘探方法相结合的方式，如地震勘探、电法勘探等，获取更为准确和全面的地质信息；同时，加强对地质调查人员的培训，提高其业务水平，确保地质调查的质量。

5.2.2 优化数值模拟参数

数值模拟的准确性受到模型参数选取的影响，因此，优化模型参数是提高数值模拟精度的关键。可以通过对比现场监测数据和数值模拟结果，反复调整模型参数，直到两者吻合为止；或者运用反分析方法，基于现场监测数据反推出更为准确的模型参数。

5.2.3 加强现场监测

现场监测不仅能够提供实时的稳定性信息，还能够验证地质调查和数值模拟的准确性。为了提高现场监测的效果，需要选择合适类型和数量的监测仪器，确保其精度和稳定性；同时，加强对监测数据的管理和分析，确保能够及时发现并处理潜在的稳定性问题。

通过应用和优化以上定量评估方法，可以更为准确和全面地评估工程地质因素对大型基础设施稳定性的影响，为其设计、施工和运营提供科学依据，确保基础设施的稳定性和安全性。

6 结论和建议

通过对工程地质因素对大型基础设施稳定性影响的深入分析和定量评估，论文得出了以下结论。工程地质因素对基础设施稳定性的影响是多方面的：土的物理力学性质、地下水状况、地质结构等工程地质因素都会对基础设施的稳定性产生影响。不同的地质条件对基础设施稳定性的影响程度和方式也不同。定量评估方法是分析和解决问题的重要手段：通过地质调查和试验获取基础数据，运用数值模拟和现场监测等方法对工程地质因素的影响进行定量分析，可以更准确地评估其对基础设施稳定性的影响，为工程设计和施工提供科学依据。案例分析验证了工程地质因素对基础设施稳定性影响的重要性，并展示了有效解决问题的方法。通过对高速公路隧道工程和大型水库工程两个案例的分析，论文展示了工程地质因素对大型基础设施稳定性影响的具体表现，以及通过一系列措施成功解决问题的过程。定量评估方法的应用和优化对确保基础设施稳定性至关重要，提高地质调查的精度、优化数值模拟参数和加强现场监测是提高定量评估精度的关键。通过应用和优化定量评估方法，可以更准确地评估工程地质因素对基础设施稳定性的影响，确保基础设施的稳定性和安全性。

参考文献

- [1] 王里. 岩土工程地质勘察中质量控制对策[J]. 江苏建材, 2023(2).
- [2] 郭世兴. 岩土工程地质勘察中质量控制因素分析与建议[J]. 中国金属通报, 2023(1).
- [3] 李超, 陈依婷. 岩土工程地质勘察中质量控制因素分析[J]. 世界有色金属, 2021(22).