

# 边坡含夹层软弱岩体工程力学性质试验研究

杨恒

云南勘中达岩土工程质量检测有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i7.5583

**[摘要]** 水利工程边坡中的含夹层软弱岩体具有较低的抗压强度和抗剪强度,使得边坡容易变形和被破坏,严重影响边坡的稳定性。通过单轴压缩试验、三轴压缩试验、直剪试验和蠕变试验等方法,系统分析软弱岩体在不同应力状态和环境条件下的力学特性。结果显示,软弱岩体在水饱和状态下的力学性能显著降低,且在长期荷载作用下表现出明显的蠕变特性。为了应对这些问题,本文提出了包括排水、加固、防护和监测在内的多种处理措施,通过这些研究和措施,可以显著提高水利工程边坡的稳定性,确保工程的安全和长期使用寿命。

**[关键词]** 水利工程; 软弱岩体; 工程力学; 试验

中图分类号: TV5 文献标识码: A

## Experimental study on engineering mechanical properties of soft rock mass with interlayer on slope

Heng Yang

Yunan Kanzhongda Geotechnical Engineering Quality Inspection Co., Ltd

**[Abstract]** Soft rock mass with interlayer in hydraulic engineering slope has low compressive strength and shear strength, and is easy to deform and destroy, which significantly affects the stability of slope. Through uniaxial compression test, triaxial compression test, direct shear test and creep test, the mechanical characteristics of weak rock mass under different stress States and environmental conditions are systematically analyzed. The results show that the mechanical properties of weak rock mass are obviously reduced under water saturation, and it shows obvious creep characteristics under long-term load. In order to deal with these problems, this paper puts forward a variety of treatment measures, including drainage, reinforcement, protection and monitoring. Through these studies and measures, the slope stability of water conservancy projects can be significantly improved, and the safety and long-term service life of the projects can be ensured.

**[Key words]** water conservancy project; Weak rock mass; Engineering mechanics; test

### 引言

水利工程边坡的稳定性是工程建设中至关重要的问题。边坡结构在水利工程中起着支撑土体、防止滑坡和坍塌等地质灾害的关键作用。特别是含夹层软弱岩体的边坡,其力学性质复杂,容易在施工和使用过程中出现失稳现象。为确保水利工程的安全和长期运行,深入研究和分析这些边坡的力学性质,制定科学的处理和措施,是工程设计和施工的重要环节。

### 1 水利工程边坡的概述

水利工程边坡是指在水利工程建设过程中,因开挖、填筑等施工活动而形成的斜坡结构。它广泛存在于各类水利工程中,包括水库、堤坝、引水渠、排水沟等。边坡的主要功能是支撑土体,防止滑坡、坍塌等地质灾害的发生。因此,边坡的稳定性直接关系到水利工程的安全和使用寿命。边坡的稳定性不仅影

响工程本身的质量和安,还涉及周边环境和居民的生命财产安全,确保水利工程边坡的稳定性,对于水利工程的顺利实施和长期运行具有重要的意义。

### 2 水利工程边坡含夹层软弱岩体的特性

#### 2.1 软弱岩体的定义及特征

软弱岩体是指岩体中存在的物理力学性质较弱的岩层或岩块,其抗剪强度和抗压强度较低,易于变形和破坏。软弱岩体通常由泥岩、页岩、粉砂岩、灰岩等组成,这些岩石在地质作用下容易风化、破碎和软化,导致其力学性质显著低于周围坚硬岩体。软弱岩体的存在使得岩体整体的强度和稳定性降低,容易形成滑动面或断层,从而影响工程结构的安全性。软弱岩体的主要特征包括低强度、高可塑性、易风化和易浸水等,这些特征使其在外力作用下更容易发生变形和破坏。

## 2. 2 软弱岩体在水利工程边坡中的常见表现

在水利工程边坡中, 软弱岩体的存在通常表现为边坡的稳定性较差, 容易发生滑坡和坍塌。具体来说, 软弱岩体常常位于边坡的中下部, 形成滑动面或潜在滑动面, 降低了边坡的整体稳定性。例如, 在水库边坡中, 软弱岩体的存在可能导致库岸的滑坡, 威胁到水库的安全运行。在堤坝边坡中, 软弱岩体的存在可能引起坝体滑动或坍塌, 影响防洪工程的可靠性。软弱岩体的破碎性和软化性使得其在水利工程施工过程中容易受到扰动, 进一步降低了其力学性质, 增加了边坡失稳的风险。

## 2. 3 软弱岩体对边坡稳定性的影响

软弱岩体对边坡稳定性的影响主要体现在其力学性质较差, 容易在外力作用下发生变形和破坏。首先, 软弱岩体的低强度使其在重力作用下容易产生剪切破坏, 形成滑动面, 从而引发边坡滑动。其次, 软弱岩体的高可塑性使其在长期荷载作用下容易发生蠕变变形, 导致边坡逐渐失稳。此外, 软弱岩体的易风化性和易浸水性使其在降雨或地下水渗透作用下容易软化和崩解, 进一步降低其力学强度, 增加滑动的可能性。软弱岩体的存在不仅降低了边坡的抗剪强度, 还增加了滑动面的连续性和贯通性, 使得边坡失稳的风险大大增加。

夹层软弱岩体的存在对水利工程边坡的稳定性具有显著影响。在工程设计和施工过程中, 需要充分考虑软弱岩体的特性, 通过科学的勘察和分析, 采取有效的加固和支护措施, 以确保边坡的稳定和安全。

## 3 水利工程边坡含夹层软弱岩体工程力学性质的试验研究

### 3. 1 试验目的

水利工程边坡中含夹层软弱岩体的存在极大地影响了边坡的稳定性和安全性。为了深入了解夹层软弱岩体的工程力学性质, 进行系统的试验研究是必要的。试验的主要目的是通过对夹层软弱岩体的力学性能进行分析, 评估其在不同应力状态下的行为特征, 为边坡稳定性评价和加固设计提供科学依据。具体而言, 试验旨在测定软弱岩体的抗压强度、抗剪强度、变形模量等关键参数, 并分析其在水饱和、干燥等不同环境条件下的性能变化。试验还探讨软弱岩体在长期荷载作用下的蠕变特性, 以评估其对边坡长期稳定性的影响。

### 3. 2 试验材料与设备

试验所需的材料主要是从实际工程现场采集的夹层软弱岩体样品。这些样品包括泥岩、页岩、粉砂岩等, 它们具有代表性的力学性质和典型的软弱特征。为了确保试验结果的可靠性和代表性, 采样时严格按照标准方法进行, 确保样品的完整性和均匀性。

试验设备包括岩石三轴试验机、单轴压缩试验机、直剪试验机、蠕变试验机等。这些设备能够提供不同的应力状态和环境条件, 以模拟实际工程中的复杂力学环境。此外, 还配备了高精度的测量仪器, 如应变计、位移传感器、力传感器等, 用于准确测量样品在加载过程中的力学响应。为了模拟不同的环境条

件, 试验室内还配备了环境控制设备, 可以调节温度和湿度, 以研究软弱岩体在不同环境下的力学性质。

### 3. 3 试验方法与步骤

试验方法和步骤是确保试验结果准确性和可重复性的关键。首先是试样的制备和处理。采集的软弱岩体样品需经过切割、修整等处理, 以制备成符合试验要求的标准试样。试样的尺寸和形状根据不同试验设备的要求进行调整, 确保在试验过程中受力均匀。接下来是具体的试验步骤:

3. 3. 1 单轴压缩试验。将制备好的软弱岩体试样置于单轴压缩试验机中, 逐步施加轴向压力, 记录试样的变形和破坏过程, 测定其抗压强度和弹性模量。试验过程中需注意控制加载速率, 确保试验结果的准确性。

3. 3. 2 三轴压缩试验。将试样置于三轴试验机中, 施加围压和轴向压力, 模拟实际边坡中软弱岩体所受的复杂应力状态。通过不同围压条件下的试验, 分析软弱岩体的抗剪强度参数和应力-应变关系。

3. 3. 3 直剪试验。在直剪试验机中对试样施加法向应力和剪切应力, 记录其剪切过程中的位移和破坏情况。通过多组试验数据, 确定软弱岩体的剪切强度指标, 包括内摩擦角和黏聚力。

3. 3. 4 蠕变试验。将试样置于蠕变试验机中, 施加恒定应力, 长时间记录其变形情况, 以研究软弱岩体在长期荷载作用下的蠕变特性。试验过程中需定期记录试样的位移和变形, 分析其蠕变速率和变形规律。

3. 3. 5 环境条件试验。在不同温度和湿度条件下, 进行上述试验, 分析环境变化对软弱岩体力学性质的影响。通过对比干燥状态和饱和状态下试样的力学参数, 评估水分对软弱岩体强度和变形特性的影响。

## 4 试验结果与分析

试验结果显示, 夹层软弱岩体在不同应力状态和环境条件下表现出显著的力学特性差异。

### 4. 1 单轴压缩试验结果与分析

在单轴压缩试验中, 软弱岩体样品表现出较低的抗压强度和明显的脆性破坏特征。试样在施加轴向压力后, 初期表现为线性弹性变形, 随着压力的增加, 样品逐渐进入塑性变形阶段, 并最终发生脆性破裂。试验显示, 泥岩和页岩样品的抗压强度均低于其他类型岩石, 显示出软弱岩体在单轴压缩条件下的弱力学特性。这一结果表明, 软弱岩体在工程应用中容易在较低应力下破坏, 需在设计 and 施工中予以特别关注。

### 4. 2 三轴压缩试验结果与分析

三轴压缩试验揭示了软弱岩体在不同围压条件下的抗剪强度特性。试验表明, 随着围压的增加, 软弱岩体的抗剪强度显著提高, 但其破坏模式依然以剪切破坏为主。在高围压条件下, 样品表现出更高的变形能力和延性破坏特征, 这与其在单轴压缩试验中的脆性破坏形成鲜明对比。通过分析莫尔-库仑准则得出的内摩擦角和黏聚力参数, 可以看出泥岩和页岩的内摩擦角较小, 黏聚力较低, 进一步验证了其力学性质的薄弱。这一结果表

明, 软弱岩体在实际工程中不仅受单轴应力影响, 其周围的应力环境也对其稳定性具有重要影响。

#### 4.3 直剪试验结果与分析

直剪试验结果显示, 软弱岩体在剪切应力作用下表现出较低的剪切强度。试样在施加法向应力和剪切应力后, 逐渐发生剪切滑移, 最终形成明显的剪切破坏面。泥岩和页岩样品的内摩擦角和黏聚力值均显著低于其他岩石, 表现出较弱的抗剪能力。这一结果表明, 在边坡稳定性分析中, 软弱岩体的存在显著降低了整体边坡的抗剪强度, 增加了滑动的风险。

#### 4.4 蠕变试验结果与分析

蠕变试验结果揭示了软弱岩体在长期荷载作用下的蠕变特性。试验中, 样品在恒定应力作用下, 表现出初始快速变形、次级缓慢变形和最终稳定变形的阶段特征。泥岩和页岩的蠕变速率较高, 长期变形量较大, 显示出明显的蠕变特性。这表明软弱岩体在长期荷载下容易发生变形, 可能导致边坡逐渐失稳, 需要在工程设计中考虑其长期变形特性, 采取必要的防范措施。

#### 4.5 环境条件试验结果与分析

环境条件试验结果显示, 温度和湿度对软弱岩体的力学性质有显著影响。在水饱和状态下, 样品的抗压强度和抗剪强度均显著降低, 表现出更高的变形能力和更弱的力学性质。温度升高也会使软弱岩体的强度下降, 尤其在高温高湿环境下, 其力学性能显著恶化。这一结果表明, 在水利工程中, 软弱岩体的力学性质受环境条件的影响较大, 需在设计和施工中考虑环境变化对其稳定性的潜在影响。

通过系统的试验研究, 我们深入了解了夹层软弱岩体的工程力学性质。试验结果表明, 软弱岩体在不同应力状态和环境条件下表现出显著的力学特性差异, 其抗压强度、抗剪强度和变形能力均明显低于其他类型岩石。软弱岩体在长期荷载和恶劣环境条件下容易发生变形和破坏, 显著影响边坡的稳定性。在水利工程设计和施工中, 需特别关注含夹层软弱岩体的存在, 通过科学的勘察、合理的设计和有效的加固措施, 确保工程的长期稳定和安全。

### 5 水利工程边坡含夹层软弱岩体的处理措施与边坡稳定性控制的建议

在实际水利工程中, 含夹层软弱岩体的边坡稳定性问题频繁出现, 严重影响了工程的安全和使用寿命。为了有效应对这一挑战, 必须采取针对性的处理措施, 并制定科学合理的边坡稳定性控制建议。

#### 5.1 针对软弱岩体的处理措施

5.1.1 排水措施。在软弱岩体集中的区域, 通过设置排水孔、排水管和截水沟等, 降低地下水位, 减小孔隙水压力, 增强边坡的稳定性。排水措施不仅可以减少降雨引起的水位升高, 还能防止地下水长期浸泡软弱岩体, 避免其进一步软化和失稳。

5.1.2 加固措施。针对软弱岩体的力学性质, 通过锚杆、锚索和土钉墙等加固措施, 提高边坡的整体强度。锚杆和锚索通过深埋于稳定的岩层中, 形成对边坡的拉力, 增强边坡的抗滑能

力。土钉墙则通过在坡面设置密集的土钉, 形成稳定的加固体系, 防止表层软弱岩体滑动。

5.1.3 防护措施。在边坡表面设置喷射混凝土、植被护坡和格构梁等防护措施, 防止降雨和风化对软弱岩体的侵蚀。喷射混凝土可以形成坚固的表面层, 保护软弱岩体不受外界环境影响。植被护坡不仅美化环境, 还能通过植物根系的固定作用, 增强边坡的稳定性。格构梁通过网格状结构, 将边坡表面分割成小块, 防止大规模滑动。

5.1.4 监测措施。在边坡区域设置变形监测点和倾斜仪等, 实时监测边坡的变形情况。通过监测数据, 及时发现边坡的潜在失稳趋势, 采取预防性措施, 确保边坡的长期稳定。

#### 5.2 边坡稳定性控制的建议

在进行含夹层软弱岩体的边坡稳定性控制时, 应综合考虑以下几点建议:

5.2.1 全面的地质勘察。在工程初期, 进行详细的地质勘察, 充分了解边坡地质条件和软弱岩体的分布情况。通过钻探、地质雷达和地质测绘等手段, 获取准确的地质信息, 为设计和施工提供科学依据。

5.2.2 科学的设计方案。根据地质勘察结果, 制定科学合理的边坡设计方案。设计中应充分考虑软弱岩体的力学性质, 采取适当的加固和排水措施, 确保边坡的整体稳定性。设计方案应具有一定的冗余度, 以应对不可预见的地质变化。

5.2.3 严格的施工管理。在施工过程中, 严格按照设计方案执行, 确保各项处理措施的落实。施工过程中应加强质量控制, 避免因施工不当引起的边坡失稳。同时, 施工现场应采取必要的安全措施, 防止意外事故发生。

5.2.4 定期的维护和监测。在工程投入使用后, 定期对边坡进行维护和监测。通过监测数据, 及时发现边坡的变形和失稳迹象, 采取相应的防范措施。维护工作应包括排水系统的清理、加固措施的检查 and 表面防护的修复, 确保边坡的长期稳定。

### 6 结束语

通过本研究, 深入了解了含夹层软弱岩体的力学性质及其对水利工程边坡稳定性的影响。试验结果和分析表明, 软弱岩体在不同应力状态和环境条件下表现出显著差异。结合实际工程应用, 采取科学合理的处理措施和稳定性控制建议, 可以有效提高边坡的稳定性, 确保水利工程的安全和长期运行。未来研究应继续深化, 探索更多应对软弱岩体的技术方案, 为水利工程建设提供更坚实的技术保障。

#### [参考文献]

- [1] 郑扬. 水利工程边坡含夹层软弱岩体工程力学性质试验研究[J]. 水利技术监督, 2022(6): 29-31.
- [2] 刘森林, 孙少锐, 施威, 等. 含水率与倾角对复合岩体软弱夹层力学性质影响[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2023, 40(3): 46-55.
- [3] 宋洋, 马旭琪. 隐伏非贯通软弱夹层岩质边坡剪切蠕变特征及稳定性研究[J]. 岩土工程学报, 2024, 46(4): 755-763.