

## 三峡水库某公路边坡稳定性分析

乔素云<sup>1,2</sup> 王少华<sup>2</sup> 尹金涛<sup>2</sup> 李泉龙<sup>2</sup> 李顺涛<sup>2</sup>

1 宜昌富强工程有限责任公司, 湖北 宜昌 443000

2 湖北三峡职业技术学院, 湖北 宜昌 443000

**[摘要]** 边坡稳定性分析是岩土工程中的重要研究内容, 边坡稳定性分析的观点的变化是随着人类理论方面的突破和实践经验的积累不断变化的。文中以三峡库区某库岸公路边坡为研究对象, 通过现场实际勘测和室内资料的分析, 结合边坡变形破坏特征, 确定其变形破坏模式。通过运用 Geo-Studio 软件建立稳定分析计算模型, 运用极限平衡法, 找出危险滑面, 计算其安全系数, 计算工况包括天然、暴雨、地震、库水位升降工况下的边坡稳定性。结果表明: 该段边坡结构欠稳, 易发生变形破坏。结合实际, 进一步提出了一些边坡维护建议。

**[关键词]** 边坡稳定; Geo-Studio; 极限平衡; 安全系数

DOI: 10.33142/hst.v5i4.6599

中图分类号: TV223

文献标识码: A

## Stability Analysis of A Highway Slope in the Three Gorges Reservoir

QIAO Suyun<sup>1,2</sup>, WANG Shaohua<sup>2</sup>, YIN Jintao<sup>2</sup>, LI Quanlong<sup>2</sup>, LI Shuntao<sup>2</sup>

1 Yichang Fuqiang Engineering Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

2 Hubei Three Gorges Polytechnic, Yichang, Hubei, 443000, China

**Abstract:** Slope stability analysis is an important research content in geotechnical engineering. The viewpoint of slope stability analysis changes with the breakthrough of human theory and the accumulation of practical experience. In this paper, the slope of a reservoir bank highway in the Three Gorges Reservoir area is taken as the research object. Through the field survey and the analysis of indoor data, combined with the deformation and failure characteristics of the slope, the deformation and failure mode is determined. The stability analysis and calculation model is established by using Geo-Studio software, and the limit equilibrium method is used to find out the dangerous sliding surface and calculate its safety factor. The calculation conditions include the slope stability under natural, rainstorm, earthquake and reservoir water level rise and fall conditions. The results show that the slope structure in this section is unstable and prone to deformation and failure. Combined with the practice, some suggestions for slope maintenance are put forward.

**Keywords:** slope stability; Geo-Studio; limit equilibrium; safety factor

### 引言

随着经济建设的深入, 基础工程的建设得到迅速发展, 使自然边坡、人工边坡、公路边坡等失稳的事件常有发生, 造成重大工程安全事故<sup>[1]</sup>。因此, 开展边坡地质条件分析与稳定性计算, 对于保证边坡的正常建设与长期运营具有十分重要的意义。

边坡稳定性的影响因素主要分为内在因素和外在因素, 内在因素主要包括岩土体力学参数、地质构造、岩体结构、地应力等; 外在因素主要为地表水和地下水的作用、地震、车辆荷载等<sup>[2]</sup>。目前, 学者<sup>[3-4]</sup>多借助数值软件进行边坡稳定性分析, 应用较多的软件主要有: 理正、FLAC、Geo-Slope、Geo-Studio、ABAQUS 等。

本文以三峡库区某公路边坡为研究对象, 基于 Geo-Studio 软件, 模拟天然、暴雨、地震和库水位升降四种工况, 计算边坡安全系数并与规范值进行对比, 为边坡安全加固与维护提供建议

### 1 工程概况

该段库岸位于香溪河支流高岚河左岸, 灵老爷隧道口

东侧。滑移体前缘斜坡坡脚直抵高岚河左岸崩坡积平台, 后缘为 S312 公路, 目前形成陡坎地形, 如图 1 所示。后缘高程约 187~189m, 宽 8m, 前缘高程在 161~162m 之间, 宽 40m, 其纵向长约 48m, 呈扇形分布在斜坡上。后缘纵向长约 30m, 深入公路路面下, 主要在原崩坡积体上碾压修建公路而成; 后缘公路陡坎以下为滑移段, 地形稍陡, 坡度为 0°~40°; 前缘外侧为崩坡堆积体平台。

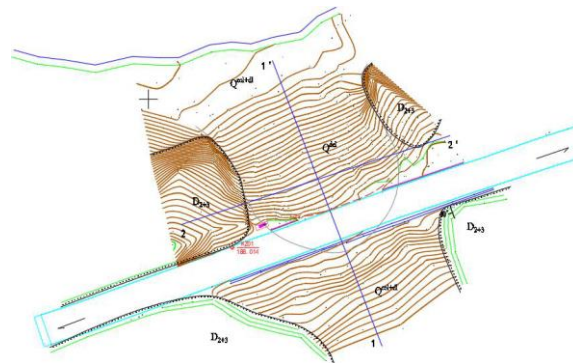


图 1 库岸损毁段工程地质平面简图

据岸坡钻孔及测绘资料可得,该区域地层由泥盆系中上统(D<sub>2+3</sub>)砂岩、粉砂质页岩,崩坡积层(Q<sup>col+d1</sup>)砂岩碎块石、粉质粘土,滑坡堆积层(Q<sup>de1</sup>)碎块石等组成,如图2所示。同时,提出该段塌岸边坡稳定计算参数值,如表1所示。

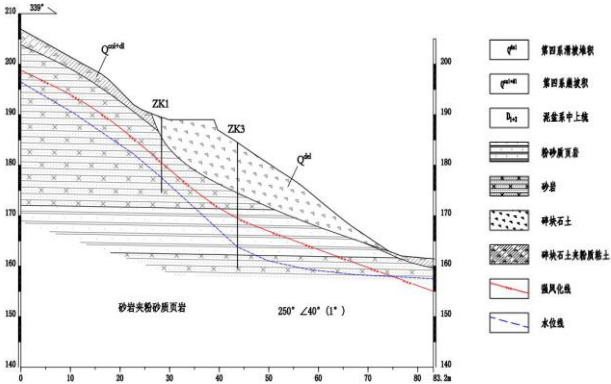


图2 地质剖面图

表1 模型计算参数

土层名称	天然重度 / (g/cm <sup>3</sup> )	饱和重度 / (g/cm <sup>3</sup> )	粘聚力 C/KPa	内摩擦角 / °
碎块石土	16.66	20.58	25	14
碎块石夹粉质黏土	17.15	20.09	18	22
粉砂质页岩	26.26	26.46	350	25
砂岩	26.66	26.95	1000	45

## 2 边坡稳定性分析

### 2.1 边坡破坏模式分析

公路边坡稳定性分析是一项较为复杂的工程,影响因素较多,在实际工程中公路边坡破坏模式主要有:滑动型、落石型、流动型坍塌等。本文研究对象处于三峡岸坡,坡体结构比较松散,坡形较陡,在天然情况下坡岸稳定性已经达到了极限状态;同时,受库水位循环上升和下降的影响下,部分坡段覆盖层土体可能沿基岩面产生滑移型破坏。综上,根据本岸坡段的地质结构和坡面特征,其破坏类型主要为崩滑型。

### 2.2 模型建立

根据区域地质地貌情况,模型的建立采用从CAD中将地质剖面图直接导入至GeoStudio中,模型尺寸及地层分层严格按照实际建立,确保模型的准确、可靠,如图3所示。

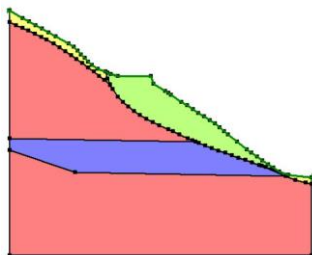


图3 边坡计算模型

### 2.3 工况设定与安全系数取值

影响边坡稳定的因素较多,本次数值模拟根据工程地质资料、现场勘查及当地自然环境考虑了四种工况,并计算这四种工况对应的安全系数。用极限平衡方法分析计算稳定性时考虑的四工况如下:天然工况、天然暴雨工况、天然地震工况及库水位升降工况,具体如表2所示

表2 模型计算工况

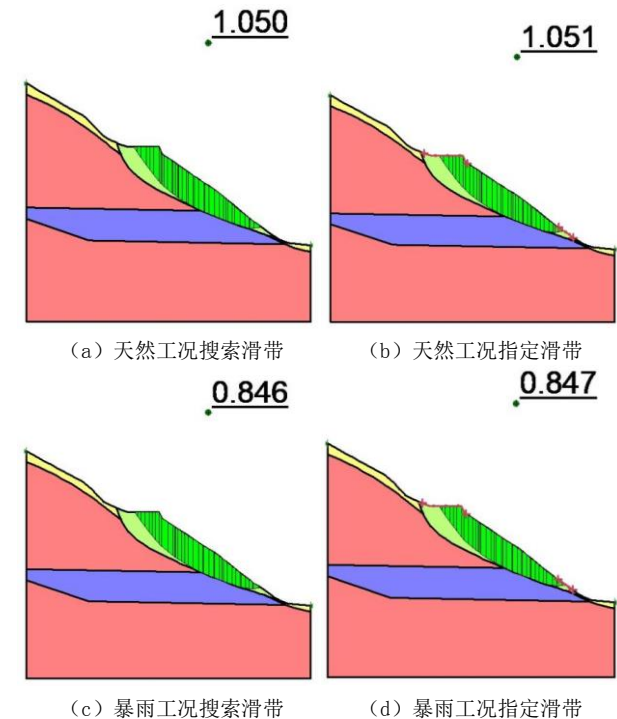
工况类别	荷载组合
工况1	自重+地表荷载+水库坝前175m静水位
工况2	自重+地表荷载+水库坝前175m静水位+10年一遇暴雨
工况3	自重+地表荷载+水库坝前175m静水位+地震(0.05g)
工况4	自重+地表荷载+坝前水位从175m降至145m

并且根据边坡规范相关要求,可将边坡危害等级分为以下3个等级:Ⅰ级边坡,综合评定危害很严重;Ⅱ级边坡,综合评定危害严重;Ⅲ级边坡,综合评定不严重。经调研,据《三峡库区地质灾害防治工程地质勘查技术要求》<sup>[5]</sup>,本文边坡防治工程等级为Ⅲ级。

由《水利水电工程边坡设计规范》<sup>[6]</sup>可知,Ⅲ级水库边坡需满足以下要求:工况1安全系数不小于1.15~1.25、工况2安全系数不小于1.05~1.15、工况3安全系数不小于1.05~1.10、工况4安全系数不小于1.05~1.15。

### 2.4 计算结果分析

为分析各个工况下边坡稳定性,利用GeoStudio软件对四种工况进行模拟,并分别计算出自动搜索滑带和指定滑带的安全系数,计算结果如图4所示。



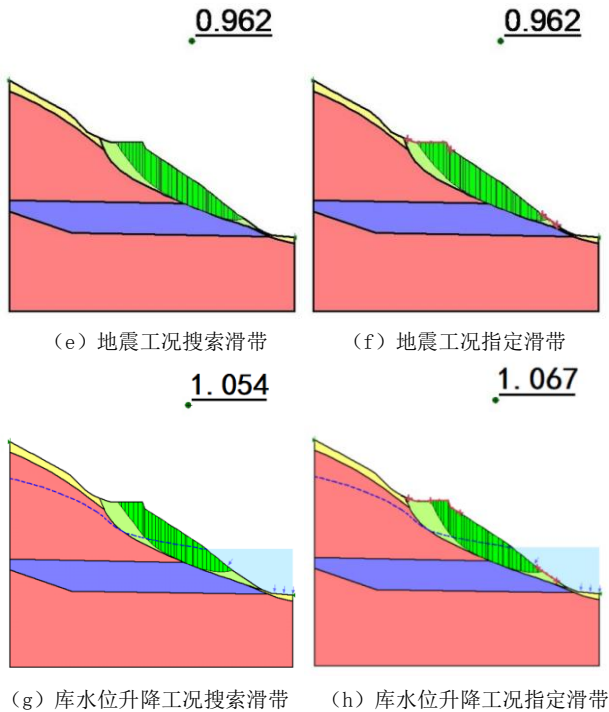


图4 不同工况下边坡稳定性计算结果图

从图中可以看出：(1)除库水位升降工况下安全系数满足规范，边坡较为稳定，其他3组工况下安全系数均小于规范安全系数，说明该边坡存在局部欠稳定现象。(2)暴雨和地震等外在因素的存在对边坡稳定性影响较大。(3)该边坡潜滑面滑移破坏主要集中在边坡中部，同时自动搜索滑带和指定滑带对安全系数的影响不大。

### 3 结论

综合上述研究，得出以下结论：

(1) 三峡库区边坡常年受库水位反复升降影响，部

分段覆盖层土体会发生滑移。

(2) 该边坡欠稳定，滑移面均集中在边坡中下部，如受地震、暴雨等外力影响，该边坡较为容易发生变形破坏。

(3) 加强对边坡稳定性管理措施，及时对已产生裂隙或错动的边坡岩体进行加固处理，根据现场实际情况，可采取挡土墙、抗滑桩、预应力锚索锚固、钢筋网+喷射砼或土工格栅等进行支护；同时可以加强对库区其他地段边坡的岩石力学试验、工程地质调查及水文地质调查等研究。

项目资金支持：宜昌市自然科学基金项目《长阳清江画廊旅游码头深水基础施工研究》(项目编号 A21-3-023)；湖北省教育厅百校联百县项目(项目编号 BXLBX1329)阶段性研究成果之一，2015 年湖北省教育厅科技项目(项目编号 B2015126)。

### 【参考文献】

- [1]张禹.福州地区山区公路土质边坡失稳破坏与防治策略研究[D].福建:福建农林大学,2019.
  - [2]王鹏.不同因素对填筑路堤边坡稳定性影响分析[J].黑龙江交通科技,2021,44(4):73-75.
  - [3]李宁,郭双枫,姚显春.再论岩质高边坡稳定性分析方法[J].岩土力学,2018,39(2):397-406.
  - [4]董杰华,黄浩,徐中来,等.基于 ABAQUS 的坡地边坡稳定性影响因素敏感性分析[J].煤炭技术,2021,40(1):62-65.
  - [5]中华人民共和国水利部.水利水电工程边坡设计规范:SL386-2007[S].北京:中国水利水电出版社,2007.
- 作者简介:乔素云(1973-)男,高级工程师,主要从事路桥施工工作;通讯作者:王少华(1983-)女,硕士研究生,讲师,主要从事路桥工程专业教学;尹金涛,男,讲师,主要从事路桥工程专业教学。