

岩层层状倾角对边坡稳定性的影响规律

陈小艳*, 姚多喜

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南
Email: *c1321879951@163.com

收稿日期: 2021年6月14日; 录用日期: 2021年6月28日; 发布日期: 2021年7月15日

摘要

随着经济社会的蓬勃发展, 人类在从事生产活动中不可避免的对岩层层状进行了改变, 从而对岩层边坡的稳定性产生了影响, 造成了大量的损失。本文采用理正岩土6.5来研究岩层层状倾角对边坡稳定性的影响规律, 利用安全系数来分析倾角对边坡稳定性的影响规律, 从规律中找出最合适的倾角范围, 提出有效的措施建议, 减少边坡失稳的危害。

关键词

岩层层状, 边坡稳定性, 理正岩土

Influence Law of Strata Dip Angle on Slope Stability

Xiaoyan Chen*, Duoxi Yao

School of Earth and Environment, Anhui University of Science & Technology, Huainan Anhui
Email: *c1321879951@163.com

Received: Jun. 14th, 2021; accepted: Jun. 28th, 2021; published: Jul. 15th, 2021

Abstract

With the rapid development of economy and society, human beings will inevitably change the strata in production activities, affect the stability of rock slope, and cause a lot of losses. In this paper, Lizeheng geotechnical engineering 6.5 is used to study the influence law of layered inclination on slope stability, and the influence law of inclination angle on slope stability is analyzed with

*通讯作者。

safety factor. The most suitable inclination angle range is found from the law, and effective measures and suggestions are put forward to reduce the harm of slope instability.

Keywords

Stratiform Strata, Side Slope Stability, Lizheng Geotechnical

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来,随着社会经济的快速发展,对交通运输的扩大需求和土地资源的过度开发,铁路、公路等交通线路沿线常发生滑坡、泥石流、边坡失稳、崩塌等,在这众多的灾害中,边坡稳定性问题已成为不可忽略的问题。现在山区公路项目地形条件越来越复杂,对于一些斜坡(指一般自然坡)或边坡(指开挖后的坡体)的稳定性评价是不可避免,比如桥位区沿斜坡布线,桥轴线与坡向大角度相交,自然坡度 $20^{\circ}\sim 40^{\circ}$,覆盖层比较厚,稳定性怎么样?边坡失稳威胁着人类的生命财产安全,因此边坡稳定性分析变得越来越重要,对边坡问题的研究也在不断深入。边坡稳定性对岩层的影响越来越明显,由于岩层边坡的失稳不仅使坡体本身结构破坏,还威胁周围的已有建筑物,形成重大安全隐患,而且引发岩石的崩塌滑落,对下部的建筑物以及人的生命财产安全造成不可估量的损失,所以岩层边坡的稳定性一直岩土工程的重要研究内容之一。刘红兵[1]利用FLAC3d有限差分软件对隧道施工过程进行了数值模拟,分析了岩层倾角对偏压作用的影响程度与规律;林杭[2]运用FLAC3d模拟层状岩层边坡的破坏模式,并采用强度折减法分析结构面倾角与稳定性之间的关系;目前大多数都是使用FLAC3d来分析稳定性,还很少用理正岩土软件来分析倾角对边坡的稳定性。本文采用控制变量的方法来研究岩层的倾角对于岩层边坡稳定性的影响,在理正岩土软件中通过细致划分岩层倾角的变化幅度,利用计算出的边坡安全稳定性系数来体现边坡在对应条件下的整体稳定性。而后,利用的计算出的安全稳定性系数进行系统性的整体分析,探究岩层倾角与岩层边坡安全稳定性系数的变化规律。可以为以后相关工程的开挖与加固提供一定的参考。

2. 计算原理

本文使用的理正岩土是岩土工程计算分析软件,它广泛用于挡土墙计算、地基处理计算(各个处理方法)、岩层边坡分析、降水计算(沉降分析)、边坡稳定性分析、重力坝设计等。根据《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)规定[3],利用极限平衡法进行简单平面、复杂平面和三位楔形体的岩层边坡稳定性分析,考虑张裂隙、裂隙水、外加荷载、地震、锚杆(索)等外部作用对岩层边坡稳定的影响,可方便输出岩层边坡的安全系数与临界加速度系数的关系曲线等各种关系曲线和各种关系参数。

分析边坡稳定性常用的方法是极限平衡法和强度折减法,极限平衡法是根据静力平衡原理分析边坡各种破坏模式下的受力状态,以边坡滑体上的抗滑力和下滑力之间的关系来评价边坡的稳定性,计算原理如图1所示。极限平衡计算法是当前国内外边坡工程中边坡稳定计算常用的基本方法。用该方法能确定边坡滑动面位置和破坏型式,能根据边坡不同破坏形式和任意滑动面位置来计算边坡稳定系数,它适用于边坡体不同地质条件和边坡各类破坏形式。极限平衡法的理论严密且简便适用,在工程技术领域仍占有重要的地位。

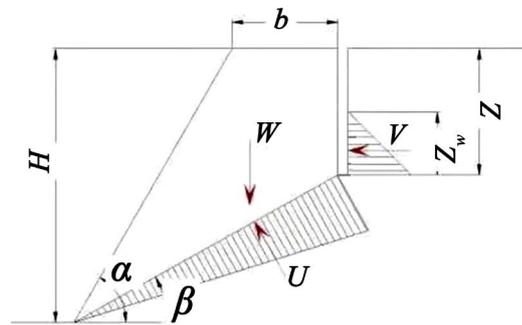


Figure 1. Calculation principle diagram
图 1. 计算原理图

下滑力: $F_{滑} = W \sin \beta + V \cos \beta$

抗滑力: $F_{抗} = c_j L + (W \cos \beta - U - V \sin \beta) \tan \varphi_j$

安全系数: $F_s = \frac{c_j L + (W \cos \beta - U - V \sin \beta) \tan \varphi_j}{W \sin \beta + V \cos \beta}$

3. 边坡稳定性分析过程

3.1. 计算参数

影响岩层边坡稳定性因素有很多, 岩层层状边坡稳定性的主要破坏是结构面的破坏, 从成因上分为内部(自身)因素和外部因素, 内部因素主要包括边坡的结构特征(如边坡的几何参数坡角和坡高)、岩土体强度参数等; 外部因素包括自然条件下。的构造运动、地震、温度变化、地下水、雨旱交替及人类活动等; 边坡受到众多不利因素的耦合作用, 加速了边坡体内节理的发育、贯通。本文研究的是结构面倾角对边坡稳定性的影响, 即研究单一变量对边坡稳定性的影响, 所以我们要采用控制变量法, 即控制其他因素不变, 只改变结构面倾角的大小来研究。在本次的计算中主要的影响因素有内聚力、内摩擦角、岩层厚度、自然坡面坡角、锚杆预加应力以及层面倾角和岩层倾角。

其中, 根据《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)规定, 本次实验的相关边坡影响因素计算参数如下表 1 数据[4]。

Table 1. The value of each calculation parameter
表 1. 各计算参数的取值

因数	取值
内聚力 c (kPa)	50
内摩擦角 φ ($^\circ$)	30
岩层厚度 Σb (m)	40
锚杆预加力 P (kN/m)	60
层面倾角 β ($^\circ$)	45
自然坡角 δ ($^\circ$)	$\beta/2$

3.2. 数据处理过程

首先, 我们探究的是岩层倾角与边坡安全稳定性系数的变化规律。因此, 应当在原始状态下通过理正岩土 6.5 软件计算出岩层层状边坡在初始状态下的稳定系数。因为是采用单一控制变量法来进行相关

的实验, 即表示岩层倾角是唯一的变量因素。从而一开始就设定坡高为 30 m, 坡角为 60°, 计算软件中其他参数取值如表 1 所示, 计算简图如图 2。对于唯一的变量岩层倾角我们采用固定的变化幅度来依次计算, 依次取值为 10°、20°、30°、40°、50°、60°、70°、80°、90°这 9 种状态来计算。利用理正岩土 6.0 软件进行计算的计算结果如表 2 所示。

Table 2. Safety factor of slope stability

表 2. 边坡稳定性安全系数

倾角(°)	10	20	30	40	50	60	70	80	90
安全系数	4.504	2.330	1.654	1.432	1.714	2.697	3.564	4.234	4.887

依据软件计算出的 9 种状态下的边坡安全稳定性系数对数据进行分析。采用折线图较为直观的表现出前后的数值变化, 进而折线图坐标表示为: 横坐标表示倾角度数, 纵坐标表示安全系数, 其变化规律如下图 3。根据《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)规定, 通过软件计算得出岩层边坡一级边坡稳定安全系数介于 1.30~1.50 之间。从图 1 可以看出岩层倾角在 10°~40°的区间里的安全系数一直在降低, 而在岩层倾角在 40°~55°的区间内边坡的安全稳定系数在上升, 从而可知在 40°~45°区间内存在一个安全稳定性系数的极小值。

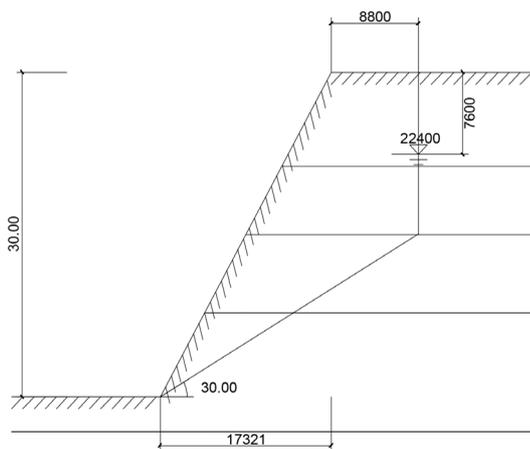


Figure 2. Calculation diagram

图 2. 计算简图

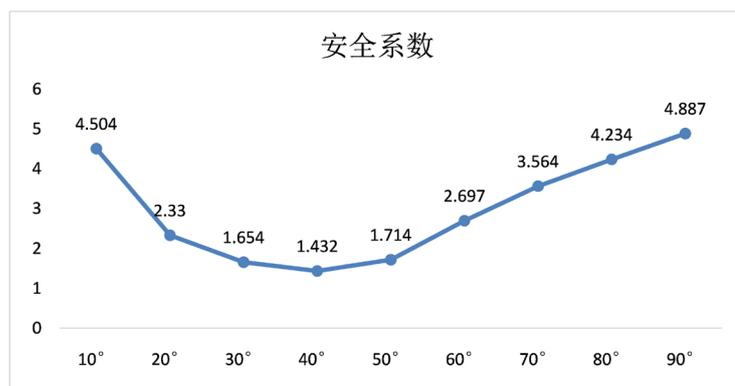


Figure 3. The broken line graph of the slope stability factor

图 3. 边坡大致稳定系数折线图

同理, 由初次计算的数据得出 40°~45°的区间中存在一个极值。进而, 岩层倾角用变化幅度进一步缩小, 倾角按照 40°、40.5°、41°、41.5°、42°、42.5°、43°、43.5°、44°、44.5°、45°这十一种情况进行稳定性计算, 经过计算得出详细的计算结果如表 3 所示, 将结果数据转化为折线图如图 4。

Table 3. The safety factor table of slope stability

表 3. 边坡稳定性安全系数表

倾角(°)	40	40.5	41	41.5	42	42.5	43	43.5	44	44.5	45
安全系数	1.432	1.431	1.430	1.431	1.432	1.435	1.439	1.445	1.452	1.461	1.554

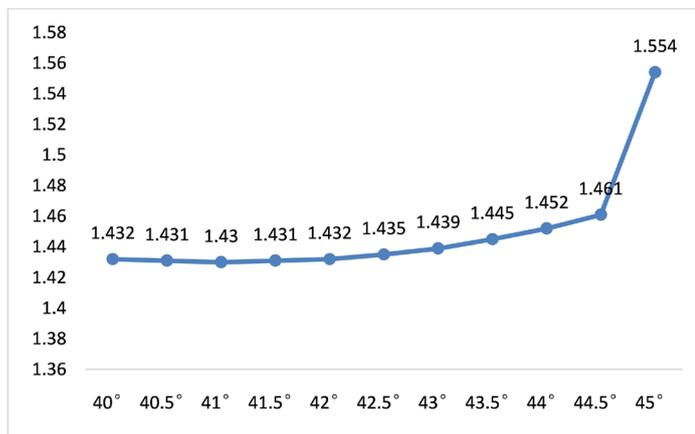


Figure 4. The broken line graph of the detailed stability factor of the slope

图 4. 边坡细致稳定系数折线图

4. 结论分析

本文研究的是岩层倾角与变偶安全稳定性系数的变化规律, 边坡稳定性安全系数是指沿假定滑裂面的总抗滑力与总下滑力的比值, 即 $F_s = F_{抗} / F_{滑}$ 。从已经计算出的两组数据中可以得出大致变化规律。从上图 2 中可以看出倾角为 41°时, 安全系数 $F_s = 1.430$ 是我们实验数据的最小值。在 0°~41°的范围内, 随着倾角的增加安全系数越来越小, 稳定性越来越好, 在 41°达到了极限值; 41°~90°随着倾角的增加, 安全系数越来越大, 稳定性越来越不好。由此, 可以看出一开始的时候安全稳定性系数随着岩层倾角的加大而不断地减小; 到达极小值之后, 安全稳定性系数又会随着岩层倾角的加大而上升。即便显出一种结论, 当岩层倾角记得或者极小是边坡的安全稳定性系数较高, 即边坡稳定性好。根据《建筑边坡工程技术规范》(GB50330-2013)规定, 通过软件计算得出岩层边坡一级边坡稳定安全系数介于 1.30~1.50 之间比较安全。由此所得分析结论如下[5]:

- 1) 当岩层层状倾角变化的过程中, 随着岩层倾角的增大, 边坡安全系数在整体上呈现逐渐减小的趋势, 即边坡稳定性逐渐增加;
- 2) 当岩层层状倾角在 45°左右时, 随着岩层倾角的增大, 边坡安全系数即边坡稳定性逐渐减小;
- 3) 当岩层层状边坡倾角达到 41°时, 边坡安全系数即稳定性最佳;
- 4) 为了保证岩层层状边坡工程的安全性, 减少经济损失, 边坡倾角应设在边坡稳定性最佳的范围。

通过理正岩土软件的岩层边坡稳定性分析, 计算出岩层边坡的稳定系数; 保证边坡工程的稳定性。在研究中通过控制变量法来研究, 只能说结果能大致反应倾角对边坡的影响, 实验过程中有很多不可控制的因数会导致结果不准确, 可以通过多种软软件数值模拟, 对比不同的结论来分析稳定性规律。

5. 措施建议

研究倾角对岩层边坡稳定性的影响, 本文只采用了理正岩土 6.5 来分析, 建议可以多使用两种软件来分析, 比如 FLAC3d。在相同的条件下使用这两种软件进行分析, 对比数据的不同, 以此来分析倾角对岩层边坡稳定性的影响规律。为了保证边坡的稳定性, 在建设过程中工程师们利用经验与实际的情况总结了很多方法和经验, 为岩层层状边坡提供了因地制宜的措施建议。为了防止边坡发生变形破坏和提高稳定坡角, 可采取如下加固措施[6]: ① 直接加固。挡墙及护坡、抗滑桩、滑动面混凝土抗滑栓塞、锚杆及钢绳锚索; ② 间接加固。边坡中巷道及钻孔疏干地下水, 地面排水及地面铺盖防渗, 削坡减载卸荷; ③ 特殊加固。麻面爆破, 压力灌浆。此外, 较为安全的工程施工方法就是在施工前采用相关的勘探与测试的方法来寻找出岩层倾角较大或较小的位置来进行相关的开挖与隧道施工。

参考文献

- [1] 刘红兵. 岩层倾角对层状岩体隧道稳定性影响分析[J]. 公路工程, 2013, 38(4): 167-169+182.
- [2] 王林飞, 蒲应举. 基于北京理正岩土软件对边坡稳定性验算分析[J]. 价值工程, 2014, 33(30): 140-141.
- [3] 张洋, 沈俊良, 周勇. 顺层中倾角对岩质边坡稳定性影响及开挖方案研究[J]. 人民珠江, 2019, 40(12): 31-36.
- [4] 林杭, 曹平, 李江腾, 江学良, 何忠明. 层状岩质边坡破坏模式及稳定性的数值分析[J]. 岩土力学, 2010, 31(10): 3300-3304.
- [5] 黄洪波. 层状岩质边坡的稳定性分析[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2003.
- [6] 付玉宁. 边坡形态与岩层产状对反倾向边坡稳定性影响的数值分析[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2015.