

# 探索理正岩土中锚杆与削坡对边坡稳定性系数的影响规律

宋涛\*, 鲁海峰, 刘阳

安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南  
Email: \*1450855915@qq.com

收稿日期: 2021年5月28日; 录用日期: 2021年6月29日; 发布日期: 2021年7月7日

## 摘要

伴随现代经济的飞速发展, 建筑与交通的发展也同样十分迅猛。高速铁路与超高层建筑的修建开始变得不在稀少, 进而对于建筑方面的稳定性方面的问题也日益突出。在建筑稳定的众多问题中, 边坡稳定性一直都是一个热门研究方向。通过软件计算边坡安全稳定性系数, 来进一步可以直观的展现出边坡的实际稳定性。本篇文章主要是进一步来分析削坡与锚杆加固措施对边坡稳定安全系数的影响规律, 进而探索出合适的稳固措施。

## 关键词

理正岩土, 边坡稳定, 安全系数, 滑坡

## The Influence Law of Rock Bolt and Slope Cutting on Slope Stability Coefficient in Lizheng Rock and Soil Was Explored

Tao Song\*, Haifeng Lu, Yang Liu

School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui  
Email: \*1450855915@qq.com

Received: May 28<sup>th</sup>, 2021; accepted: Jun. 29<sup>th</sup>, 2021; published: Jul. 7<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

With the rapid development of modern economy, the development of architecture and transportation is also very rapid. The construction of high-speed railway and super high-rise buildings began to

\*通讯作者。

become rare, and then for the stability of the construction of the problem is becoming increasingly prominent. Among the many problems of building stability, slope stability has always been a hot research direction. By calculating the stability coefficient of the safe slope of the slope, the actual stability of the slope can be shown directly. This article is mainly to further analyze the slope cutting and anchor reinforcement measures on the safety factor of slope stability influence law, and then explore the appropriate stability measures.

## Keywords

Lizheng Rock and Soil, Slope Stability, Safety Factor, Landslide

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

随着社会经济的飞速发展，对于交通的需求也在进一步的加强，而在交通的建设中最重要的就是建筑的安全和质量。在一般的建筑物与构筑物的建设过程中我们需要考虑的地上与地下两方面的设计。其中地面上的安全隐患，主要集中在建筑物与构筑物本身质量与建筑周围环境的稳定。由于建筑物本身的质量的安全问题在建设与后期验收的过程中会依据对应法律法规进行实质的解决。但是对建筑物与构筑物周围的建设环境我们没有办法作出肯定的解决，我们只能利用相关的数据进行相对应的事件猜测与预防。在如今飞速发展的基础建设中铁路的发展居于首位，因为高铁的高速飞驰对相对应的铁路地基也是要求很大，同时由于铁路的建设的环境也比较恶劣，其中最明显的就是边坡的稳定性最为明显。高速飞驰的高铁产生的地面共振会极大地影响铁路两侧边坡稳定性。张志发[1]利用理正岩土与 ABAQUS 分析计算对高速公路路堤稳定性进行分析与优化设计；朱博良[2]通过建立相似模型来对黄土边坡稳定性系数随坡度的变化规律进行研究；孔晓辉[3]使用 FLAC3D 中的自主模型对深路堑边坡设计及稳定性分析作出对应研究。但是对于边坡稳定性的分析[4]大家都作出不同的理解与研究，极少会利用安全稳定性系数去寻找合适的解决措施。因此，在查阅相关文章的情况下得知，其他人多数都在利用不同方法去分析边坡的稳定性，但却极少有人利用相关的软件及方法去依据不稳定因素提出对应的定量分析与建议。本文研究的是削坡与锚杆的解决措施对边坡稳定性系数[5]的影响差异，进而选择出合适的处理措施。

## 2. 研究概况

该边坡位于某铁路路基旁，边坡为土质边坡，边坡表面为强风化砂质泥岩，整体为素填土、粉质粘土，随时有滑塌可能。目前尚未发现滑坡的征兆，在降雨等因素影响下，极有可能形成滑坡造成巨大损失。边坡土质的基本数据如下表 1：

**Table 1.** Slope stability check calculation parameters

**表 1.** 边坡稳定性验算参数

序号	土层名称	天然重度 $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	饱和重度(kN/m <sup>3</sup> )	抗剪强度指标	
				内摩擦角 $\theta$ (°)	粘聚力 C (kPa)
1	强风化砂质泥岩	22.2	23	20	25
2	素填土	18	18.5	9.5	20
3	粉质粘土	18.7	19.5	12	30

### 3. 边坡稳定性安全系数分析

#### 3.1. 等高边坡的稳定系数的对比

在现在很多的边坡及深基坑支护设计[6][7]中都会采用很多变量的控制来进行对比实验,本次实验探究采用控制变量法。众所周知,影响影响边坡稳定性的因素有很多,其中比较重要有坡角、坡高、和土质三个方面。

而此次我们控制坡高来进行定量的分析。依次采用削坡与设定锚杆两种措施来计算相同边坡的安全稳定性系数。

首先,我们采用理正岩土 6.0 中的边坡稳定性模块来先计算出没有任何措施前的稳定性系数。边坡的土质信息如上表 1,其余参数为坡高 12 m、坡角为 30°、45°、60°、75°四种,即固定标高探究在不同坡角下的规律。

边坡在自然状态下的安全稳定性系数如下表 2:

**Table 2.** Safety and stability coefficient of slope (natural state)

**表 2.** 边坡安全稳定性系数(自然状态)

名称 \ 坡角	30°	45°	60°	75°
安全稳定性系数	1.367	1.020	0.868	0.721

一般情况下,建筑企业治理边坡失稳得措施稳削坡与打固定锚杆。在此次试验中我们削坡措施采用同样的设计,即从坡面中心高度到坡顶后 5 m 的设计来进行坡面卸载,是的原坡面的上半部分的坡面变缓来提高稳定性。

通过实验得到在削坡措施下的边坡安全稳定性系数如下表 3:

**Table 3.** Slope safety stability coefficient (slope cut state)

**表 3.** 边坡安全稳定性系数(削坡状态)

名称 \ 坡角	30°	45°	60°	75°
安全稳定性系数	1.590	1.296	1.045	0.906

而另一种提高安全稳定性系数的方式为通过向周围土体中打入钢筋混凝土锚杆来提升稳定性,本次实验采用的钢筋参数如下表 4:

**Table 4.** Experimental reinforcement parameters

**表 4.** 实验钢筋参数

水平间距(m)	总长(m)	倾角(°)	抗拉力(KN)	锚固长度(m)	锚固直径(m)
1.00	12.00	15.00	100.00	6.00	0.40

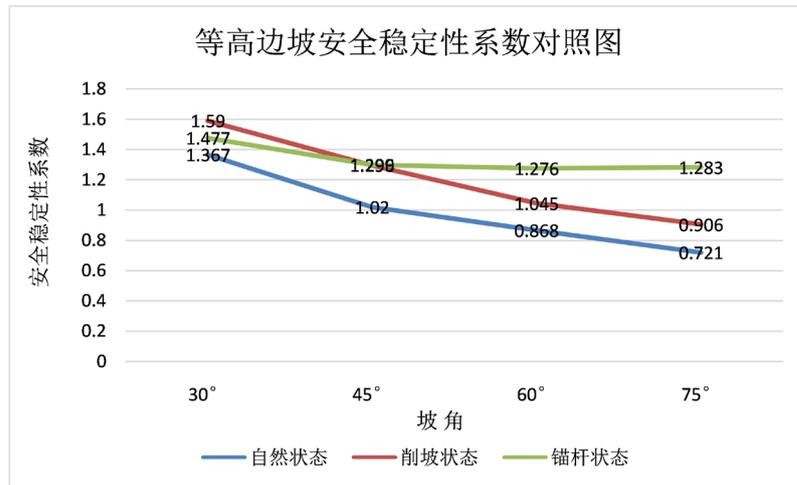
通过理正岩土软件的模拟计算,钢筋起始点为坡角以上竖直高度 2 m 出开始,得出在固定锚杆的状态下的边坡安全稳定性系数如下表 5:

综合以上三种状态下的安全稳定性系数进行比较:

通过如图 1 的折线图可以直观的得出同等状态下的土质边坡,利用锚杆措施加固的边坡安全稳定性系数更高。

**Table 5.** Slope safety stability coefficient (bolt state)  
**表 5.** 边坡安全稳定性系数(锚杆状态)

名称 \ 坡角	30°	45°	60°	75°
安全稳定性系数	1.477	1.299	1.276	1.283



**Figure 1.** Contrast diagram of safety and stability coefficient of contour slope  
**图 1.** 等高边坡安全稳定性系数对照图

### 3.2. 等角度边坡稳定系数的对比

在通过阅读的边坡稳定性加固方式[8] [9] [10]的相关文献阅读,了解到坡高相对于坡角来说是另外一个较为直观的影响因素,通过上一章节我们通过设定固定的坡高来研究不同坡角对边坡稳定性安全系数的变化影响,而这一章节我们研究的是通过假设的固定坡角来利用理正岩土 6.0 中的边坡稳定分析[8]模块来研究坡高对于安全系数的影响及变化规律。

首先,我们采用的边坡土质信息依旧如上表 1,但边坡的坡角固定在 60°,坡高依次为 7 m、9 m、11 m、13 m 来进行实验。第一步是先计算出不同高度边坡在自然状态下的安全稳定性系数;第二步计算在削坡状态下的安午安稳定性系数;第三步计算在打加固锚杆状态下的安全稳定性系数;最后进行总结填表记录并作图对比分析。本次实验在相同高度的三次实验的土层厚度均一致,地上土层分为三层,设定为在对应的高度中采用强风化砂质泥岩 2 m、粉质粘土 1 m、素填土为剩余高度。地下土层为一层设定为 10 m。

即在自然状态下、削坡状态下、锚杆状态下的边坡安全稳定性系数如下表 6:

**Table 6.** Slope safety stability coefficient (three states)  
**表 6.** 边坡安全稳定性系数(三种状态)

名称 \ 高度	7 m	9 m	11 m	13 m
安全稳定性系数	1.477	1.299	1.276	1.283
自然状态	1.27	1.125	0.943	0.793
削坡状态	1.767	1.477	1.168	0.938
锚杆状态	2.02	1.616	1.369	1.195

通过实验软件计算得出上表数据，最后进行数据对比来进行直观的理论分析。下图 2 是数据折线对比图：

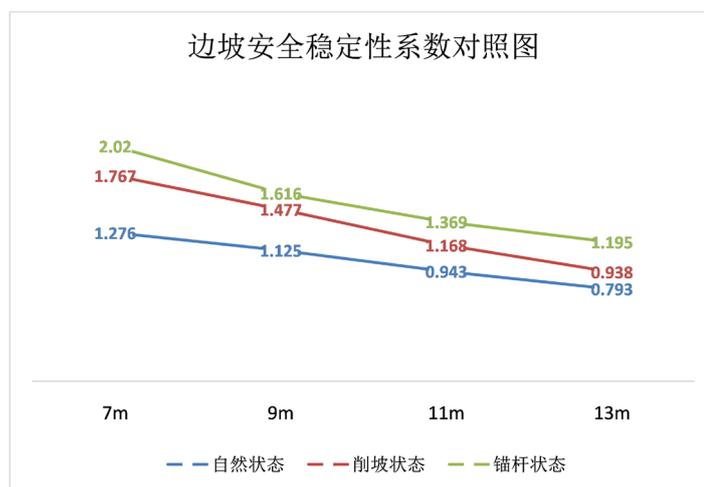


Figure 2. Comparison diagram of slope safety stability coefficient  
图 2. 边坡安全稳定性系数对照图

#### 4. 结论

在此之前，通过查找相关文献获取到不同方法[11][12][13][14][15]下对于边坡稳定的分析。而本次实验利用理正岩土中的边坡稳定分析模块，通过控制变量法来研究不同的影响因素对于边坡稳定的影响。但是由于实验中无法拥有直观的破坏现象，从而通过软件计算中的安全稳定性系数来代表边坡的稳定性。这次软件建模实验通过两个大方向来进行研究：第一是通过等高边坡来研究不同坡角在三种状态下的稳定性；第二是通过等坡角来研究不同坡高在三种状态下的稳定性。

我们利用上述的两大类的软件计算结果对比图中可以很直观的看出以下几个特点：在低坡高的边坡稳定性系数中我们可以看出两种加固措施的影响差别较大，但在实际中工程中低坡高的边坡大多采用削坡措施，应为措施方便；在中度坡高的边坡稳定性系数可以看出二者的相对优势不明显；但是在坡高较高的边坡中可以看出锚杆状态的稳定性明显高与削坡状态，即固定锚杆的措施优于削坡措施。

#### 5. 措施建议

通过实验结果的分析，对于土质与岩质边坡和其他状况下的边坡稳定性提高措施提出以下几种建议参考：1) 对于高边坡优先提倡采用向四周土体打固定锚杆的措施来加强稳定性；2) 对于低边坡和土质较差的边坡优先采用削坡的方式来减轻土体自身荷载，以此来保证边坡的稳定性；3) 在交通不便的地方，应当采用削坡减轻荷载与打固定锚杆相结合的方式来提高稳定性；4) 对于特殊情况的边坡应当采用专项方案来应对，通过对实际地质地形的勘察作出对应的专项方案。

#### 参考文献

- [1] 张志发. 荣乌高速公路某路堤高边坡稳定分析及优化设计[J]. 山西建筑, 2014, 40(4): 142-143.
- [2] 朱博良, 王延寿, 王俊卿. 黄土边坡稳定性系数随坡度的变化规律研究[J]. 中国水土保持, 2020(8): 42-43.
- [3] 孔晓辉, 谷明. 深路堑边坡设计及稳定性分析[J]. 四川建材, 2019, 45(11): 148-149.
- [4] 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.

- 
- [5] 李德心, 邓宇, 程建. 理正岩土和 FLAC3D 在边坡处治设计计算中的应用[J]. 西部交通科技, 2018(6): 54-57.
  - [6] 张志发. 荣乌高速公路某路堤高边坡稳定分析及优化设计[J]. 山西建筑, 2014, 40(4): 142-143.
  - [7] 韩松涛, 张兵, 徐世光, 滑帅. 湖北省某边坡稳定性分析及治理措施[J]. 中国水运(下半月), 2020, 20(5): 243-244.
  - [8] 彭国诚, 李昊, 杨泽, 朱涛. 某矿山山坡型废石场边坡稳定性分析[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2019, 35(4): 24-28.
  - [9] 程爱平, 燕彦君, 李健, 张玉山, 戴顺意, 董福松. 成兰铁路高陡边坡稳定性分析及加固措施[J]. 武汉大学学报(工学版), 2021, 54(6): 515-523+578.
  - [10] 方鑫. 山区公路滑坡边坡稳定性分析及治理方法研究[J]. 工程建设与设计, 2021(5): 55-57.
  - [11] 孟泽彬. 基于极限平衡分析法的公路土质边坡稳定性分析[J]. 山西建筑, 2021, 47(3): 99-100.
  - [12] 常思源, 陈柘舟, 柴利杰, 刘建凯, 赵晨曦, 杨艳峰, 刘明坤. 有限元法在岩质边坡稳定性分析中的应用示例[J]. 城市地质, 2020, 15(4): 380-387.
  - [13] 张管宏, 任永强, 史斯文. 基于离散元算法的某岩质边坡稳定性模拟分析[C]//贵州省岩石力学与工程学会、中国建筑学会工程勘察分会、中国水利学会勘测专业委员会、中国岩石力学与工程学会滑坡与工程边坡分会、北京华森启达企业管理咨询有限公司. 第十二届全国边坡工程技术大会论文集. 2020: 7.
  - [14] 彭超, 王明龙, 李文博. 考虑张拉-剪切复合破坏的离散元强度折减法在边坡稳定性分析中的应用[J]. 中国矿业, 2020, 29(z1): 121-125.
  - [15] 韩林, 蔡永昌. 基于 ArcGIS 的矿山边坡自动建模稳定性分析研究[J]. 矿业研究与开发, 2020, 40(6): 148-152.