

# 基于FLAC3D的普者黑大桥桥梁边坡稳定性研究

李琛 牛涌 李永勤

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

DOI:10.12238/fgmsmr.v1i1.9381

**[摘要]** 桥梁边坡的稳定性直接关系到其是否会发生滑坡、崩塌等地质灾害。如果边坡失稳,不仅会对桥梁本身造成损害,还可能对周边地区的人民生命财产安全构成严重威胁,本次以普者黑大桥为例运用Flac3D,运用锚杆锚索对桥梁边坡进行支护主要得出以下结论。通过计算可知,在支护作用下边坡最大主应力、最小主应力整体处于压应力状态,边坡位移变形较小,结合塑性区及锚杆轴力可知,边坡塑性区未贯通,锚索轴力增幅较小,通过强度折减法进行计算可知在未支护作用下安全系数为1.06,支护作用下安全系数为1.44,因此认为该边坡处于稳定状态。

**[关键词]** 边坡稳定性; 锚杆; 锚索强度折减法

**中图分类号:** U455.7+1 **文献标识码:** A

## Research on bridge slope stability of Puzhehei Bridge based on FLAC3D

Chen Li Yong Niu Yongqin Li

China Communications First Highway Survey and Design Institute Co., Ltd

**[Abstract]** The stability of bridge slopes is directly related to whether they will be subject to geological disasters such as landslides and collapses. If the slope is destabilized, it will not only cause damage to the bridge itself, but also may pose a serious threat to the life and property safety of the people in the surrounding areas. This time, the following conclusions are mainly drawn from the use of Flac3D for Puzhe Bridge as an example and the use of anchor rods and anchorage cables for the support of bridge slopes. Through the calculation, it can be seen that the maximum principal stress and minimum principal stress of the slope are in the state of compressive stress under the action of support, and the displacement and deformation of the slope are small, combined with the plastic zone and the axial force of anchor rods, it can be seen that the plastic zone of the slope is not penetrated, and the axial force of the anchor ropes has increased a little, and the calculation through the strength reduction method can be seen that the safety coefficient under the action of unsupported is 1.06, and that under the action of support the safety coefficient is 1.44, and therefore, it can be concluded that the slope is in a stable state.

**[Key words]** slope stability; anchors; anchor cable strength discount method

## 引言

桥梁作为重要的交通基础设施,其安全性至关重要。在桥梁的设计与施工过程中,边坡稳定性分析是一项关键内容<sup>[1]</sup>,它直接关系到桥梁的耐久性和可靠性。边坡稳定性分析不仅关注于桥梁结构本身的安全,而且还要考虑周围环境及地层条件对桥梁边坡稳定性的影响<sup>[2]</sup>。目前,桥梁边坡稳定性分析方法主要包括工程地质勘察、数学模型分析以及物理模型试验等<sup>[3]</sup>。这些方法各有优势和局限性,在实际应用中需要综合考虑<sup>[4]</sup>。随着计算机技术的发展,数值模拟方法在桥梁边坡稳定性分析中的应用越来越广泛<sup>[5]</sup>,它能够模拟真实地质条件下的边坡应力应变分布、位移及破坏模式,为工程设计提供科学依据<sup>[6]</sup>。目前国内外已做了大量研究,姚文杰<sup>[7]</sup>等以浙江舟桥某

海岸边坡为例采用多种方法评估其稳定性并给予了一定建议。李忠庚<sup>[8]</sup>等对桥梁边坡进行了施工前后支护前后进行数值分析,该计算结果对于类似工程有一定指导意义。杨建慧<sup>[9]</sup>等以贵州山区某桥梁为背景通过计算分析确定边坡的支护方案。李虎<sup>[10]</sup>等根据丽江某桥梁边坡为例在抗滑桩加固作用下边坡处于稳定状态。

因此本文以普者黑某桥梁边坡为例运用Flac3D,计算了边坡在支护作用下边坡的稳定性并结合强度折减法计算其安全系数,以此确定边坡的稳定性。

## 1 工程地质概况

普者黑南盘江大桥全长1779.5m,桥梁起点桩号K27+490.5,桥梁终点桩号K29+270(左线Z3K29+270),桥梁中心桩号K28+380.25。

主桥为九跨双塔空间双索面钢桁架梁斜拉桥,桥跨布置为3×84+108+930+108+3×84=1650m。主跨主梁为板桁结合钢桁梁,边跨主梁为混凝土桥面板—钢桁组合梁。索塔为钻石型混凝土塔,辅助墩和过渡墩为薄壁空心墩,基础均为群桩基础。沪西岸无引桥,丘北岸引桥采用3×40m=120m预应力混凝土现浇箱梁。拟建线路区域位于南岭东西复杂构造带的西段与滇越巨型旋扭构造体系(或称文山巨型旋扭构造体系)的复合部位。

### 2 强度折减法

强度折减法是一种地质工程方法,用于评估岩土体稳定性。该方法基于强度理论,通过降低材料强度参数来寻找最不利的强度组合,导致岩土体破坏。首先确定岩土体的初始强度参数,然后通过数值方法(如有限元分析)计算每个强度折减步骤下的稳定性强度折减法公式如式子(1)所示。

$$c' = \frac{c}{F} \tag{1}$$

$$\theta' = \arctan\left(\frac{\tan \theta}{F}\right)$$

式中  $C$ 、 $C'$  为岩体折减前后的粘聚力  $\theta$ 、 $\theta'$  为岩体折减前后的摩擦角  $F$  为折减系数,运用强度折减法进行安全技术计算,首先要确定合理的失稳判定准则。

### 3 边坡稳定性分析

#### 3.1 数值计算及稳定性分析

##### 3.1.1 模型建立

数值计算模型, x轴长155m, z轴高122m, y轴长20m, 模型采用摩尔库伦本构, 计算过程中固定四周及底部边界。

表1 岩土体力学参数

| 岩土体   | 弹性模量<br>(MPa) | 泊松比  | 粘聚力<br>(kPa) | 摩擦角<br>(°) | 容重<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |
|-------|---------------|------|--------------|------------|----------------------------|
| 强风化页岩 | 400           | 0.27 | 50           | 27         | 24                         |
| 中风化页岩 | 1200          | 0.24 | 90           | 30         | 25                         |
| 黏土    | 500           | 0.28 | 70           | 22         | 19.5                       |

##### 3.1.2 应力分析

边坡开挖后, 由于岩土体被移除, 原有的应力平衡状态被打破, 导致周围岩土体中的应力重新分布, 如图所示开挖后开挖区域压应力显著减小, 桥墩区域出现压应力集中现象, 这是由于桥墩作为桥梁的主要承重构件, 需要承受来自上部结构的集中荷载。当这些荷载作用在桥墩上时, 会在局部区域产生较大的压应力。

##### 3.1.3 位移分析

在边坡开挖初期, 由于岩土体受到开挖面的卸载作用, 土体原有的平衡状态被打破, 土体内部应力重新分布, 导致支护结构受到土体的挤压和推移作用。此时, 锚杆锚索支护系统开始发挥作用, 通过锚杆和锚索的拉力, 将支护结构紧紧锚固在稳定土体中, 控制其位移。如图所示开挖后x方向位移为6.4mm, z方向位移为2.0mm, 因此认为在支护作用下边坡位移较小整体处于稳定状态。

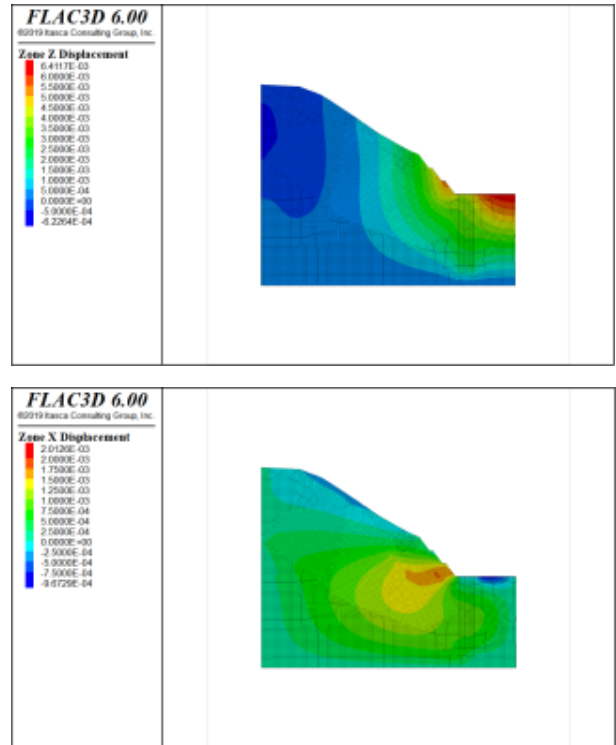
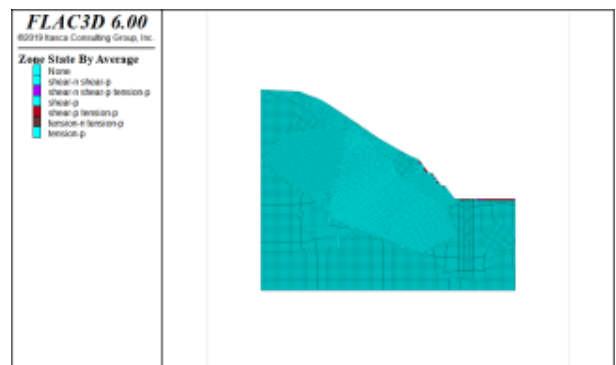


图1 边坡开挖后位移云图

##### 3.1.4 塑性区及锚索轴力分析

边坡开挖后, 在支护作用下, 岩土体内部的应力平衡被打破, 随着削坡的进行, 原本处于弹性状态的土体逐渐进入塑性状态, 形成塑性区, 在支护作用下锚杆锚索支护系统它能够有效分担并传递土体中的应力, 从而减缓塑性区的扩展速度, 因此根据塑性区云图所示在计算作用下塑性区并未贯通, 结合锚索轴力分布可知初始预应力为350KN, 计算完成后锚索轴力为370KN, 轴力增加约5%。因此认为边坡处于稳定状态。



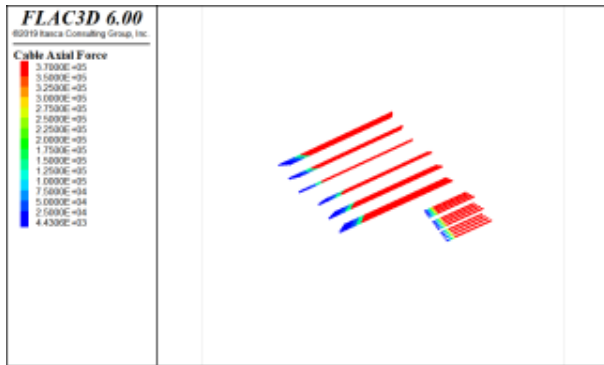


图2 边坡开挖后塑性区云图

### 3.2 安全系数计算

通过强度折减法,我们能够较为精确地评估边坡的稳定性,如图所示,在未支护作用下安全系数为1.06,在支护作用下安全系数为1.44因此认为在支护作用下边坡处于稳定状态。

### 4 结论

本文以普者黑大桥桥梁边坡为例运用赤平投影法并且通过Flac3D有限差分软件进行支护计算及稳定性分析主要得出以下结论。

运用赤平投影法可得出J1-J2形成的楔形体均位于边坡内侧,对边坡稳定影响较大。

在锚杆锚索支护作用下边坡整体处于压应力状态,边坡位移变形较小,塑性区锚索轴力变化较小,因此认为边坡处于稳定状态。

### [参考文献]

[1]李忠庚,徐金明,吴红斌.桥梁工程施工及运营对岩体边坡稳定性的数值分析[J].上海大学学报(自然科学版),2014,20(5):

596-604.

[2]刘兰英.铁路桥梁桥址边坡稳定性分析与防护[J].铁道标准设计,2012,(04):70-73.

[3]向志勇,李帅,刘志坚.库车迪那2井区主干道桥梁四号桥台地基边坡危岩体的地震稳定性分析[J].震灾防御技术,2010,5(03):326-332.

[4]毛露露.碎裂岩体高陡边坡隧道洞口稳定性及对策研究[D].四川:西南交通大学,2016.

[5]邹佳成,翟祥军,陈旭东,等.排洪渠开挖对桥梁桩基影响及其边坡稳定性分析[J].云南水力发电,2019,35(05):48-53.

[6]董志明,刘洪兴.桥梁两岸边坡稳定性的数值模拟分析[J].铁道建筑,2005,(09):72-74.

[7]姚文杰,王华俊,卿翠贵,等.西垭门大桥桥梁基础海岸边坡稳定性检测评价研究[J].路基工程,2021(2):205-210.

[8]李忠庚,徐金明,吴红斌.桥梁工程施工及运营对岩体边坡稳定性的数值分析[J].上海大学学报(自然科学版),2014(5):596-604.

[9]杨建慧.峡谷区桥梁基础边坡稳定性分析[J].北方交通,2015(2):48-50.

[10]李虎.跨越陡坡峡谷桥梁大体积基坑开挖及弃渣边坡稳定性研究[D].湖南科技大学,2017.

### 作者简介:

李琛(1992-),男,汉族,陕西西安人,学士学位,工程师,毕业时间2015.7,专业:西安科技大学-土木工程,从事工作:地质灾害勘察设计。