

文章编号: 1005-0523(2006)05-0012-04

全风化花岗岩边坡破坏的判断

胡 洲, 杜宇飞, 李锦华

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013)

摘要:在泰赣高速公路k203~k215段,通过调研发现有一半以上的高边坡是全风化花岗岩坡体,本文通过数值模拟对全风化花岗岩坡体的变形破坏机理进行研究,应用FLAC3D软件对边坡进行反复试算,建立了临界状态全风化花岗岩坡体模型,并确定了临界坡角约为 60° ,从而可以对全风化花岗岩坡体破坏的判断提供参考,对全风化花岗岩边坡的支护有一定的指导意义.

关键词:全风化花岗岩;高边坡;数值模拟;临界坡角

中图分类号:X14

文献标识码:A

1 前言

全风化花岗岩在赣南地区广泛分布,其主要特点:云母含量高,结构松散,水稳性差.在本区段出现大量全风化花岗岩高边坡.由于工程性质的特殊性,容易引起滑坡,有些边坡在施工过程中就失稳滑塌,而有些边坡虽已防护好甚至公路已运营多年但仍发生破坏,并且部分边坡一垮再垮,并产生严重的水土流失,使公路基础、邻近土地及流水遭到破坏,给当地环境造成严重影响.可见,公路建设中必须重视全风化花岗岩边坡稳定问题.所以,有必要对全风化花岗岩坡体的变形破坏机理进行研究为今后的防护设计提供参考.

2 全风化花岗岩的物理力学性质

花岗岩的主要矿物成分是石英(20%—30%),钾长石(35%—40%),斜长石(25%—30%),次要矿物成分是云母及角闪石(5%—10%).花岗岩中矿物的风化顺序依次为:云母~斜长石~钾长石~石英^[2].根据室内试验并结合《工程地质试验手册》得到该区域全风化花岗岩的物理力学性质如下表1所示:

表1 全风化花岗岩物理力学性质

W/%	$\gamma/kN \cdot m^{-3}$	wI/%	w _p /%	I _p %	E/kpa	C/kpa	$\Phi/^\circ$	T/kpa
23.6	17.9	49.1	28.3	20.8	5E4	17.5	30	1

由此可见,全风化花岗岩的塑性指数与含水量高,其抗剪强度既有粘性土的特点(c 值较大),又有砂土的特点(φ 角很大).

3 建立临界状态全风化花岗岩坡体模型

3.1 关于临界状态全风化花岗岩坡体

所谓“临界坡体”是指坡体当前基本稳定,在特定情况下(如强降雨、洪水、地震、爆炸荷载等自然人为因素影响下)可能发生滑坡的坡体.判断坡体是否处于临界状态可以通过坡体的安全系数来确定.确定安全系数的方法很多,但归纳起来分为两类:极限平衡法和折减系数法.

极限平衡法中基于强度储备概念的安全系数 f_s 的定义为:当材料的抗剪强度参数 c_c 、 φ_c 分别由其临界强度参数所代替后,物体将处于临界平衡状态,其中

$$c_c = c/f_s \quad \text{tg}\varphi_c/f_s$$

在有限元中,对于任意一条分析域中的曲线 s ,定义其安全系数 f_s 的计算公式如下

收稿日期:2006-06-13

作者简介:胡 洲(1981-),男,江西瑞金市人,华东交大在读研究生,研究方向为地下工程稳定性分析与结构优化.

$$f_s = \frac{\int_s \tau_\sigma ds}{\int_s \tau_\sigma ds}$$

式中 τ 为沿 S 切向的剪应力分量; τ_σ 是对应于法向应力 σ 的抗剪强度[3],即

$$\tau_\sigma = c + |\sigma| \tan \phi$$

结合有限差分法的抗剪强度折减系数法较传统的方法具有如下优点[4]:

(1)能够对具有复杂地貌、地质的边坡进行计算;

(2)考虑了土体的本构关系,以及变形对应力的影响;

(3)能够模拟土体的边坡过程及其滑移面形状(通常由剪应变增量或者位移增量确定滑移面的形状和位置);

(4)能够模拟土体与支护结构(超前支护、土钉、面层等)的共同作用;

(5)求解安全系数时,可以不需要假定滑移面的形状,也无需进行条分。

利用数值方法计算得到的最小安全系数比极限平衡法稍大,安全系数有所差异的原因在于利用有限元求解各潜在滑动面上的应力时,将岩土体的大部分物理力学性质如变形模量、泊松比等考虑在内,是在岩土体可以变形的条件下求解的;而极限平衡法计算安全系数时,将岩土体之间的相互作用做了过多的简化,同时将岩土体看作是刚性体,不能发生变形。

3.2 建立临界状态全风化花岗岩坡体模型并进行数值模拟

利用FLAC^{3D}岩土分析软件进行建模,采用表1中给出的材料参数,建立长15 m、高20 m、纵深30

m、计算深度20 m的全风化花岗岩坡体模型,划分为2 400个六面体单元,共计3 069个结点(如图2所示)。

加入相关的材料属性和边界条件后进行计算,利用折减系数法来求得边坡的安全系数。通过改变模型外形(改变坡角)进行反复试算直至安全系数为1附近为止。

经过5500迭代后,图3显示坡体的最大不平衡力等于0说明坡体变形和内力调整已经结束,在平衡状态下,这些应力的代数和应该为0,并不一定在所有的情况下都为0,它只是评估是否达到平衡的一个方法,一般说来并不真正的为0,只是相比之下很小。最大不平衡力为一固定值时,说明会有两种情况发生,一种是达到了平衡,另一种是发生了塑性破坏或蠕动破坏。

在计算的过程中加入了对指定点(2003#、2005#)点X方向位移的监测,同时对指定区域(1501#、902#)的XZ方向应力变化进行追踪,与此同时监测了坡体中部表面235#、239#结点的最大主应力和位移变化。这些点能够反映边坡关键部位应力及位移的变化情况。最后将坡体X方向位移实时变化以动态形式显示,制作了视频文件。视频显示坡体变形从下部开始向上部延伸,由此可见坡体滑动属于牵引式滑动。

图4显示为1501#和902#单元的剪应力变化曲线,曲线显示坡体在变形开始后剪应力就急剧增大到最大值,而后逐渐衰减并趋于稳定。1501#单元位于坡脚,但其剪应力和902#单元相比相差不大,说明坡脚出现了应力集中。

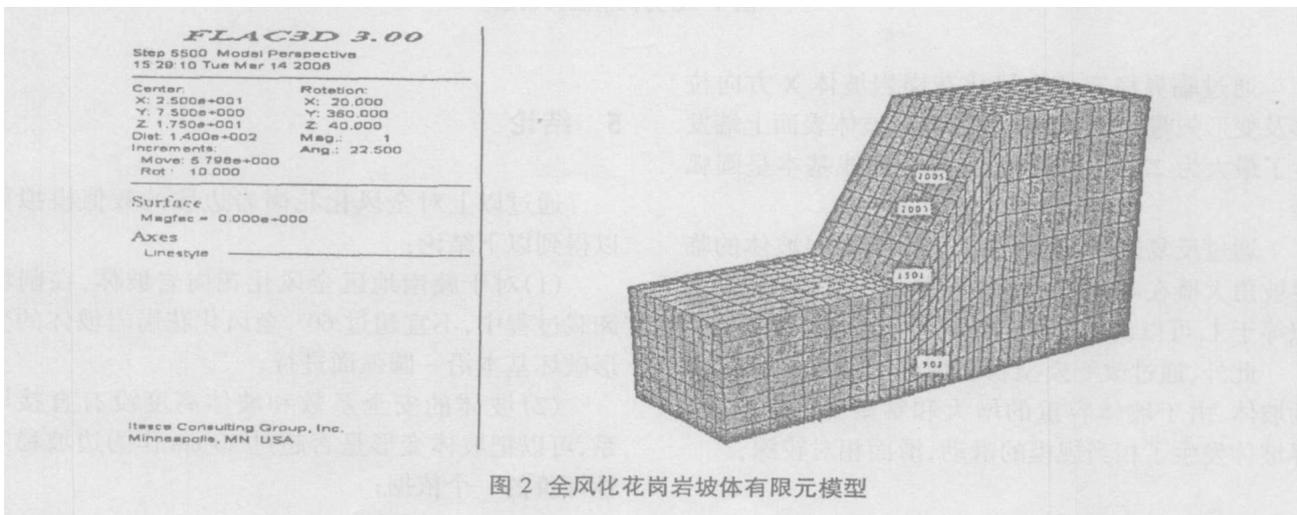


图2 全风化花岗岩坡体有限元模型

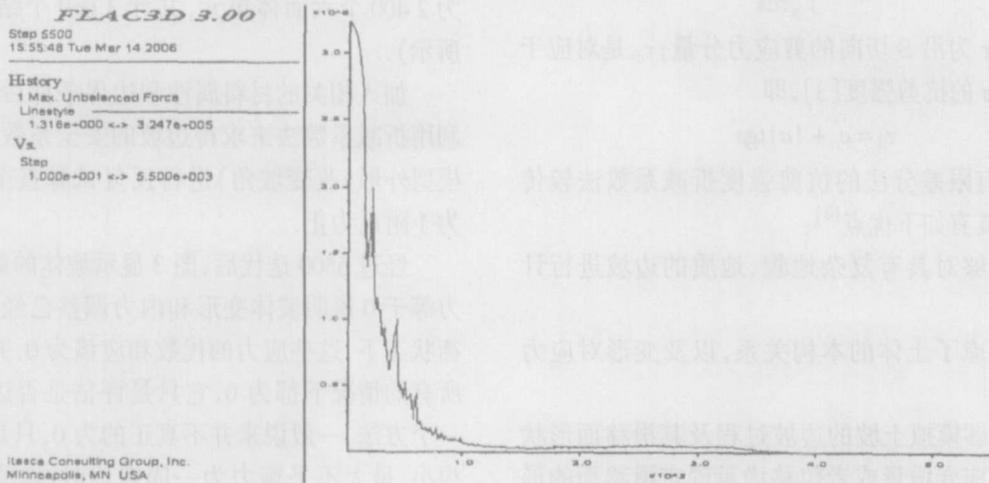


图3 最大不平衡力变化曲线

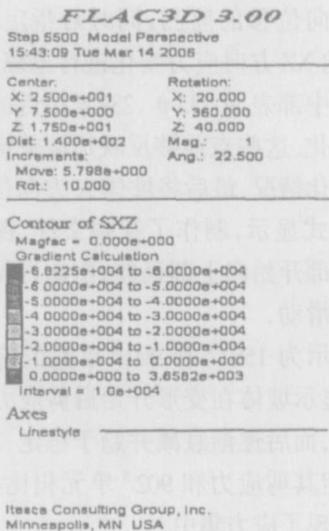


图4 XZ方向前应力云图

通过临界稳定的全风化花岗岩坡体 X 方向位移及变形矢量云图(图 5)可以看到坡体表面上端发生了最大为 22 cm 的位移,位移等值线基本呈圆弧形。

通过反复试算,确定了全风化花岗岩坡体的临界坡角大概在 60° 左右,安全系数为 1.02~1.03,近似等于 1,可以认为坡体达到临界状态。

此外,通过改变模型材料属性来模拟在降雨时的坡体。由于坡体容重的增大和粘聚力的减小,临界坡体发生了相当规模的滑动,滑面相对较深。

5 结论

通过以上对全风化花岗岩边坡的数值模拟可以得到以下结论:

(1)对于赣南地区全风化花岗岩坡体,在削坡卸载过程中,不宜超过 60° ,全风化花岗岩坡体的变形破坏基本沿一圆弧面进行;

(2)坡体的安全系数和坡体高度没有直接联系,可以把坡体变形是否超过 20 cm 作为边坡稳定性评价的一个依据;

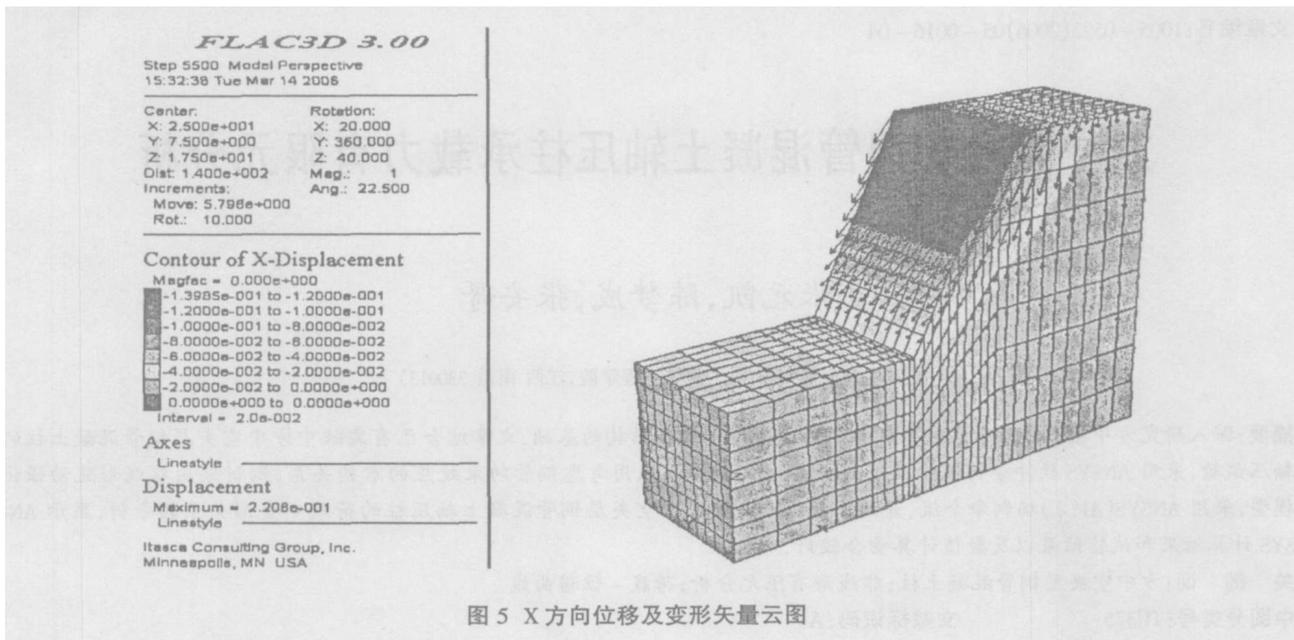


图5 X方向位移及变形矢量云图

(3)坡脚是应力集中区域,也是边坡比较薄弱部位.坡体破坏从下部开始逐渐向上延伸,属于牵引式变形,故在对大型同类边坡的防护过程中要多采用以下部支挡工程和反压坡脚相结合的防护措施;

(4)全风化花岗岩边坡防护,应重视水的作用,采用疏、截、排等综合措施以引开地表水,降低地下水,提高坡体的稳定性.在雨季要密切注意坡体的变形.

参考文献:

- [1] 刘 波,韩彦辉(美国).FLAC 原理、实例与应用指南[M].北京:人民交通出版社,2005.
- [2] 邹静蓉,李志勇.全风化花岗岩路堑边坡稳定防护研究[J].湖南交通科技,2002,28(1):25~26.
- [3] 迟世春,关立军.基于强度折减的拉格朗日差分方法分析土坡稳定性[J].岩土学报,2004,26(1):42~46.
- [4] 郑瑞雄,刘祖德.抗剪强度折减系数法在基坑土钉墙稳定性分析中的应用研究[J].安全与环境工程,2005,12(2):100~102.
- [5] 郑明新,等.泰赣高速公路K203~K215高边坡变形监测与稳定性评价[R].华东交大道桥与岩土工程研究所,2005.

Identification on the Failure of Completely Decomposed Granite Slope

HU Zhou, DU Yu-fei, LI Jin-hua

(East China Jiaotong University, Nanchang, 330013, China)

Abstract: Accord to investigate at k203~k215 in TaiGan freeway, We found half of high slope are completely decomposed granite slope. This paper adopted numerical simulation method to analyze the deformation and failure mechanism of high slope, carrying on to slope to try to calculate again and again used FLAC^{3D} software, built the model of critical state of completely decomposed granite slope, and obtained a result that the gradient thresholds are about 60 degree. It's can provide the reference to identify the failure of completely decomposed granite slope, and has the certain leading meaning to support of slope.

Key words: completely decomposed granite; high slope; numerical simulation; critical gradient