

# 极限平衡法下非贯通结构面岩坡稳定性分析

周志文

(江西省上饶市科信水利水电勘察设计咨询有限公司,江西 上饶 334000)

**摘要:**对于非贯通性结构面的边坡稳定性分析是历来岩质边坡研究的重点和热点. 本文利用极限平衡法,对库区的岩质边坡进行分析,分析了岩质边坡中非贯通性结构面出露段位置、结构面的强度参数和结构面贯通率对其稳定性的影响. 计算结果表明:当结构面的贯入度和结构面的强度相同时,结构面出露段出现在上部时边坡的安全系数大于结构面出露段在下部,上下部都有出露段时,边坡的安全系数最小. 当结构面的出露段位置相同时,结构面的强度参数越大,边坡安全系数的变化就越小.

**关键词:**稳定性分析;非贯通性;极限平衡法

**中图分类号:**U412

**文献标识码:**B

**文章编号:**1004-4701(2017)04-0276-05

## 0 引言

岩质边坡稳定性分析一直是一个备受关注的课题。岩体结构面控制着岩质边坡的稳定性,但是由于岩体中的不连续结构面的构造、产状和特性的复杂、多样,使得对岩质边坡的稳定性分析十分困难<sup>[1-3]</sup>。

岩体中结构面的贯通情况分为贯通性、非贯通性两种;根据结构面的强弱和充填情况,可以将其分为硬性结构面和软弱结构面。复杂的岩体结构使得要准确地了解岩体结构的特征十分困难<sup>[4-7]</sup>。

本文利用极限平衡法对江西某溢洪道库区岩质边坡稳定性进行分析,对库区岩质边坡的一条非贯通性的结构面的出露段分为三种情况,分别为结构面出露段在上部、下部和上下部都有,将结构面的贯通率拟定为60%、80%和100%三种情况,也对结构面的强度参数分为三种情况,分别计算结构面贯通率、结构面出露段和结构面强度参数变化对边坡稳定性的影响。

## 1 工程地质概况

江西省某山区在建溢洪道,由于溢洪道的开挖和修建,溢洪道沿线的多处岩质边坡出现了不同程度的险情,现对溢洪道沿线的K36+650~K36+750岩质边坡

进行稳定性分析。图1为该处边坡的简化断面图。

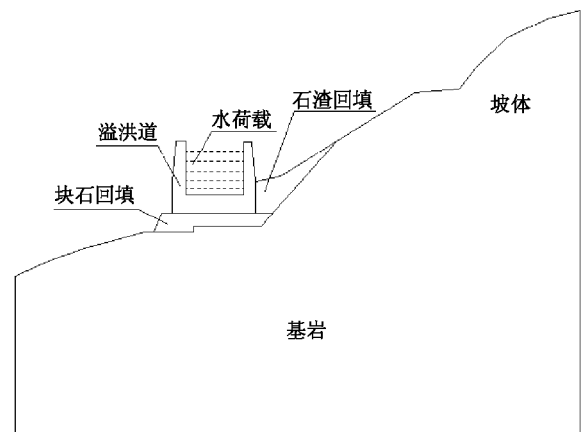


图1 典型断面图

### 1.1 地理位置与交通

该溢洪道K36+650~K36+750处岩质边坡位于江西省某山区右岸,溢洪道已全面施工,基本已全部贯通,有机耕道与城市道路相通,交通较为方便。

### 1.2 地形地貌

工作区南侧发育一条近于东西向的山沟,山沟呈西高东低倾斜。边坡区位于山沟北坡较厚的崩塌堆积体上,地貌为一斜坡地形,总体北西侧高、南东侧低,斜坡自然坡度角 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ,坡向为 $142^{\circ}$ 。

### 1.3 气象及水文

工作区气候湿润温和,雨量丰富;春早、夏热;秋、冬连续绵雨,日照少,湿度大为勘察区气候的基本特征。场地处于斜坡地带,滑坡区内未发现泉水(井)点,无地表水体。

### 1.4 地层结构

地表工程地质测绘及钻探成果表明:上部土层主要为第四系人工填筑土和崩塌堆积层块石土,下伏基岩为三迭系中统巴东组泥岩和泥灰岩互层。

## 2 模型建立

该溢洪道右侧边坡坡高 35 m,在距离坡脚 5 m 高处有一外倾软弱结构面,结构面倾角为 35°。根据现场勘查资料显示,该软弱结构面不是完全贯通的,因地质勘查条件限制,无法对整条结构面进行钻孔勘察,因此需要对边坡的贯通率和结构面的分布情形进行分析。在此计算分析中,结构面的贯通率选用 60%、80% 和 100%。图 2 为利用极限平衡法软件 Slide 建立的边坡模型图,边界条件为:左右两侧边界水平约束,底部固定,上部边界为自由边界。滑坡材料物理力学参数见表 1 所示。

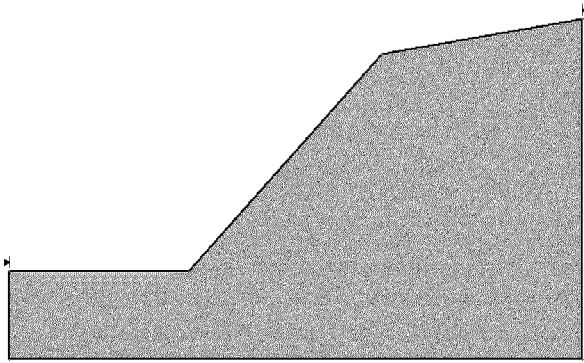


图 2 边坡模型图

表 1 计算采用的物理力学参数

材料名称	重度 /(kN/m <sup>3</sup> )	粘聚力 /MPa	内摩擦角/°
岩体	25	0.10	30
①	17	0.02	12
结构面	17	0.04	14
③	17	0.06	16

注:①、②、③分别为结构面强度参数的 3 种不同取值。

## 3 算例分析

### 3.1 结构面贯通率 60% 时

当结构面的软弱带的贯通率为 60% 时,此时根据结构面所处的位置将其分为三种情况:出露段在上部、下部和上下部都有。图 3 为结构面贯通率为 60% 时示意图。

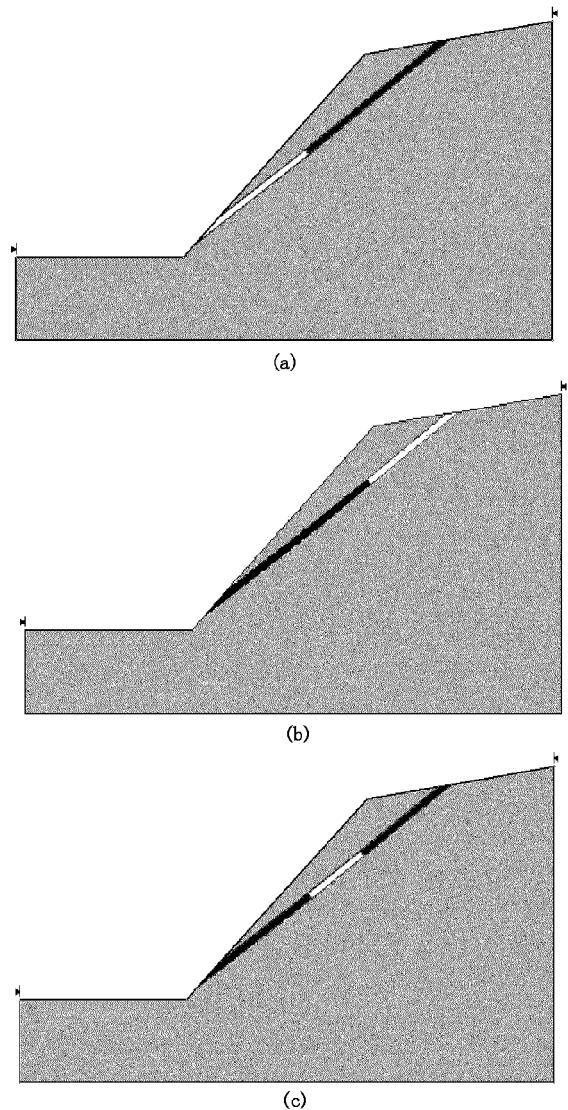


图 3 结构面贯通率为 60% 时示意图

当结构面贯通率为 60% 时,根据出露段的位置的不同,将其分为图 3 中 a、b、c 三种情况分析。利用极限平衡法中的毕肖谱法对其分析,在极限平衡法软件 Slide 中将软弱带设置为滑带,图 4 为其中一种工况的示意图,所有计算结果如表 2 所示。

表2 结构面贯通率为60%时安全系数

计算参数	编号	结构面位置	毕肖谱法
①	1	(a)	1.625
	2	(b)	1.262
	3	(c)	0.900
②	1	(a)	1.656
	2	(b)	1.304
	3	(c)	0.898
③	1	(a)	1.762
	2	(b)	1.443
	3	(c)	1.081

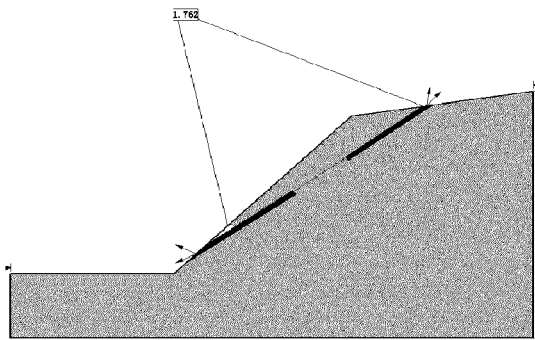


图4 结构面贯通率为60%滑移示意图

### 3.2 结构面贯通率80%时

当结构面的软弱带的贯通率为80%时,此时根据结构面所处的位置将其分为三种情况:出露段在上部、下部和上下部都有。图5为结构面贯通率为80%时示意图。

当结构面贯通率为80%时,根据出露段的位置的不同,将其分为图3中a、b、c三种情况分析。利用极限平衡法中的毕肖谱法对其分析,在极限平衡法软件Slide中将软弱带设置为滑带,图6为其中一种工况的示意图,所有计算结果如表3所示。

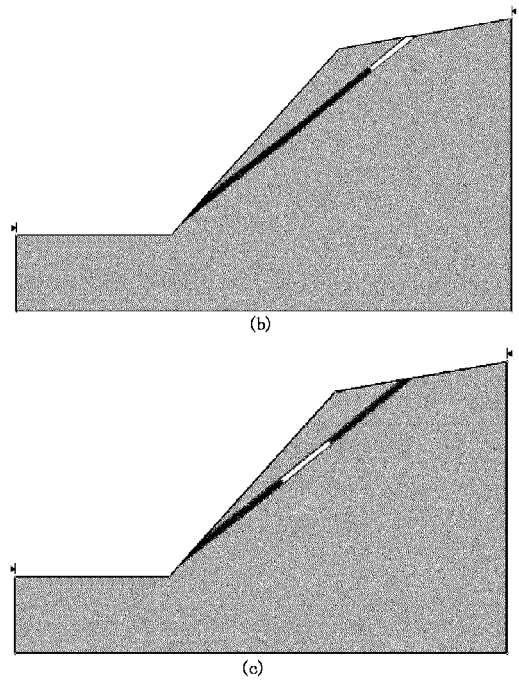
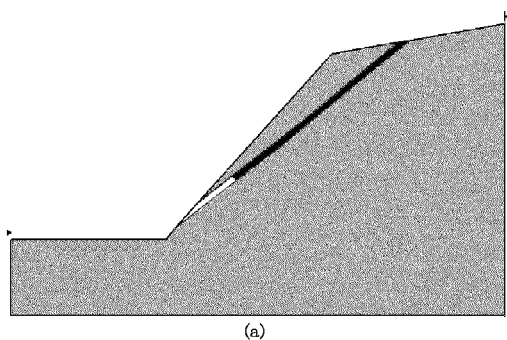


图5 结构面贯通率为80%时示意图

表3 结构面贯通率为80%时安全系数

计算参数	编号	结构面位置	毕肖谱法
①	1	(a)	1.483
	2	(b)	1.083
	3	(c)	0.687
②	1	(a)	1.535
	2	(b)	1.147
	3	(c)	0.708
③	1	(a)	1.732
	2	(b)	1.401
	3	(c)	1.027

### 3.3 结构面贯通率100%时

当结构面的软弱带的贯通率为100%时,结构面是全线贯通的。图7为结构面贯通率为100%时示意图。

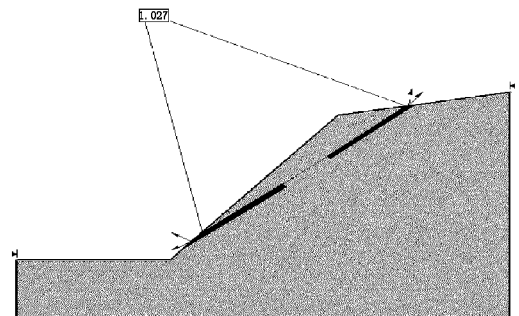


图6 结构面贯通率为80%滑移示意图

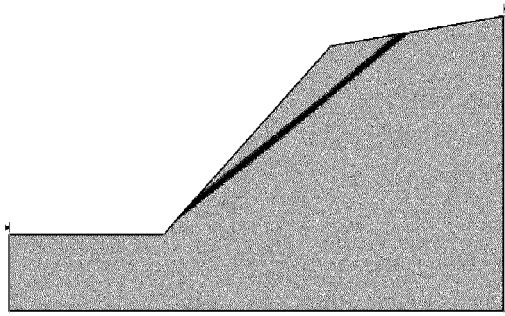


图 7 结构面贯通率为 100% 时示意图

当结构面贯通率为 100% 时,利用极限平衡法中的毕肖谱法对其分析,在极限平衡法软件 Slide 中将软弱带设置为滑带,图 8 为其中一种工况的示意图,所有计算结果如表 4 所示。

表 2 结构面贯通率为 100% 时安全系数

计算参数	毕肖谱法
①	0.625
②	0.701
③	0.946

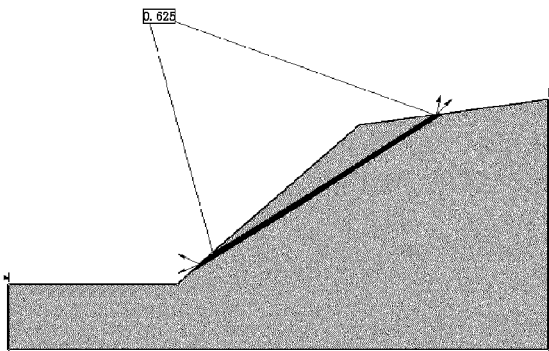


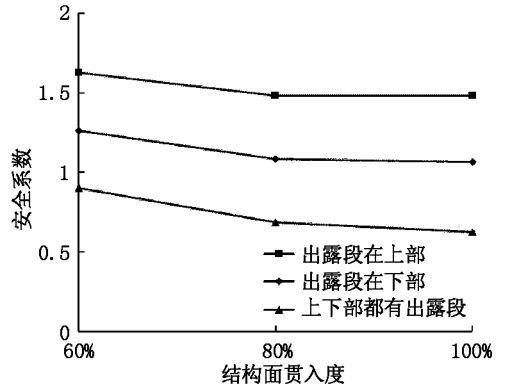
图 8 结构面贯通率为 100% 滑移示意图

#### 4 对比与讨论

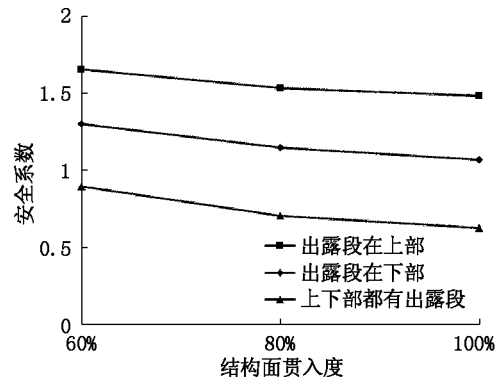
根据上述计算结果,对贯入度不同,抗剪强度参数相同时出露段位置不同的软弱结构面进行分析,图 9 分别为结构面强度参数分别为①、②、③种工况时随着贯入度的变化边坡的安全系数的变化分析结果。

从图 9 中的分析结果可以看出,随着结构面贯入度的增加,岩质边坡的稳定性系数将会降低,即岩体越破碎,导致岩坡的安全系数减小;对于不同出露口的边坡,结构面的强度的变化对于不同贯入度边坡的影响程度的敏感性也不同,当结构面的强度工况为①和②时,随

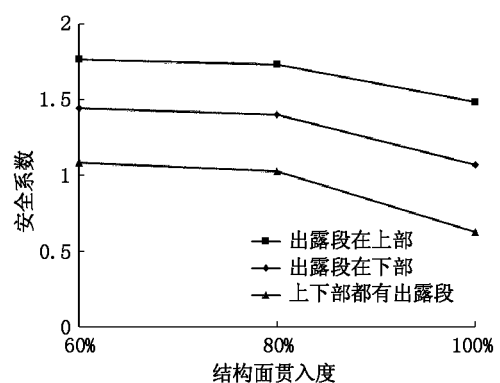
着贯入度的增加,敏感性逐渐减小,当结构面的强度工程为工况③时,敏感性逐渐增加。



(a) 结构面强度参数为①时工况



(b) 结构面强度参数为②时工况



(c) 结构面强度参数为③时工况

图 9 结构面强度参数分别为①、②、③种工况时的安全系数

对于贯入度相同时,出露段位置不同时,边坡的安全系数随结构面强度变化的分析结果见图 10。

从图 10 中可以看出,当结构面的贯入度和结构面的强度相同时,结构面出露段出现在上部时边坡的安全系数大于结构面出露段在下部,上下部都有出露段时,边坡的安全系数最小。当结构面的强度参数越大时,两种贯入度的变化对边坡安全的影响越小。

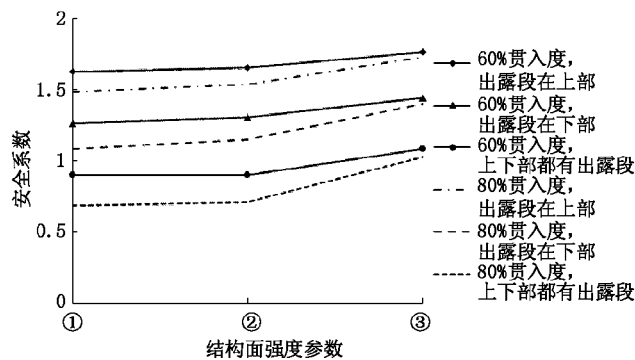


图 10 边坡安全系数随结构面强度变化图

## 5 结论

软弱结构面的贯通率和结构面的强度参数对边坡的稳定性有很大的影响,利用极限平衡法对非贯通性的结构面边坡稳定性进行分析,分析结果表明,当结构面的贯入度和结构面的强度相同时,结构面出露段出现在

上部时边坡的安全系数大于结构面出露段在下部,上下部都有出露段时,边坡的安全系数最小。当结构面的出露段位置相同时,结构面的强度参数越大,边坡安全系数的变化就越小。

### 参考文献:

- [1] 刘明维,郑颖人.基于有限元强度折减法确定滑坡多滑动面方法[J].岩石力学与工程学报,2006,25(8):1544~1549.
- [2] 陈从新,黄平路,卢增木.岩层倾角影响顺层岩石边坡稳定性的模型试验研究[J].岩土力学学报,2007,28(3):476~481.
- [3] 肖志勇,邓华锋,李建林.库水位间歇性下降对堆积体滑坡稳定性的影响[J].长江科学院院报,2016,33(8):114~119.
- [4] 李伟,肖蓉,吴礼舟.岩质边坡中结构面上水压分布假设的改进研究[J].岩石力学与工程学报,2017,36(3):0599~0608.
- [5] 张金平.考虑强降雨影响的路堑边坡稳定性分析[J].公路,2007,2(2):0054~0058.
- [6] 张俊,殷坤龙,王佳佳.三峡库区万州区滑坡灾害易发性评价研究[J].岩石力学与工程学报,2016,35(2):0284~0297.
- [7] 姚环,郑振,简文彬,等.公路岩质高边坡稳定性的综合评价研究[J].岩土工程学报,2006,28(5):558~563.

编辑:张绍付

## Stability analysis of rock slope with non – penetrate continuity based limit equilibrium method

ZHOU Zhiwen

(Jiangxi Provincial Kexin Water – hydropower Survey and Design Consulting Co. Ltd, Shangrao 334000, China)

**Abstract:** It is research focus and hot spot for stability analysis of rock slope with non – penetrate continuity. Rock slope for reservoir region was analyzed by using limit equilibrium method. Continuity outlet's location, coefficient of continuity and ratio of continuity penetrate were analyzed for the influence of rock slope stability. The result shows, When the ratio of continuity penetrate and the coefficient of continuity is same. The safety factor of rock slope for continuity outlet's location from big to small is upside, bottom and upside – bottom successively. When the continuity outlet's location was same. The larger of continuity strength coefficient, the smaller of rock slope safety factor's varieties.

**Key words:** Stability analysis; Non – penetrate; Limit equilibrium method

翻译:周志文