

基于极限平衡法的多剪出口型复杂土质 滑坡稳定性分析

杨 涛

(重庆交通大学土木工程学院;重庆交通大学建设工程质量检测中心有限公司,重庆 400074)

摘 要:复杂滑坡可能存在一个以上的潜在剪出口或滑动面,以重庆市巫山至巫溪公路寨子沟滑坡为例,逐级对其潜在剪出口进行支护,运用极限平衡法计算,分析其潜在剪出口支护后滑坡稳定性系数的变化.研究表明,第一剪出口支护后,仍然存在次级滑动面,再对次级滑动面进行支护,以此类推,寻找出所有小于设计稳定安全系数的滑动面或剪出口,对其进行支护,阻止滑带从潜在剪出口剪出,提高滑坡的稳定性,确保滑坡加固安全.

关键词:稳定性分析;滑坡支护;复杂滑坡;极限平衡法

中图分类号:P642.22

文献标识码:B

文章编号:1004-4701(2017)03-0171-05

0 引 言

现场勘察是滑坡的治理和研究的基础,滑坡滑动面位置和形状的确定都是在其基础上完成的.但用勘察的方法来确定滑动面还存在以下问题:一是在滑移区只有少量的钻孔时,用少量滑带位置来确定整个滑动带会产生偏差;二是当滑坡处于蠕变阶段时,滑面尚未形成,无法通过勘察找出滑移面;三是即使查明了滑带和剪出口,还可能存在多个次级滑面和潜在剪出口,容易造成滑移面遗漏^[1-4].

本文选用重庆市巫山至巫溪公路的寨子沟滑坡为例,对其用极限平衡法进行计算分析,首先对其潜在滑动面进行分析,分析无约束情况时潜在剪出口的滑移稳定性,然后再对其第一剪出口或前沿剪出口进行支护,分析潜在的次级滑动面,再对次级滑动面进行支护,最后对所有的潜在剪出口进行支护,直至滑坡的稳定安全系数全部符合要求为止.

1 极限平衡法搜索滑坡多滑面

复杂滑坡往往会出现多个次生滑动面,只有考虑多个次生滑动面的出现,并对其进行支护使得所有的潜在次生滑动面的稳定安全系数都达到规范要求,该滑坡从

工程意义上来说才是安全的^[4-7].

2 工程地质概况

巫山至巫溪公路(福田至龙溪段)里程 K66+700~K66+800 段为一个古滑坡,名为寨子沟滑坡.图 1 为滑坡治理前全貌图,图 2 为寨子沟滑坡治理后的全貌图.

2.1 地理位置与交通

寨子沟滑坡位于重庆市巫山县福田镇寨子湾,距福田镇约 7 km.巫山至巫溪公路已全面施工,路基基本已全部贯通,有机耕道与城市道路相通,交通便利.

2.2 气象及水文

工程区气候湿润温和,雨量丰富;春早、夏热;秋、冬连续绵雨,日照少,湿度大;场地处于斜坡地带,滑坡区内未发现泉水(井)点,无地表水体.

2.3 地形地貌

工程区南侧发育一条近于东西向的山沟,山沟呈西高东低倾斜.滑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° ,在原公路内侧部分地段由于开挖形成高约 3.00~5.00 m 的陡坎.滑坡前缘为公路内侧位置,地面高程为 536.00~542.00 m,滑坡后缘地面高程为 600.00~615.00 m,相对高差约为



图1 滑坡治理前全貌图

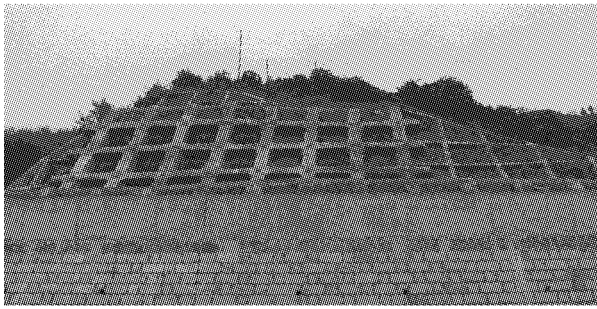


图2 滑坡治理后全貌图

79.00 m,地势起伏较大。场地地貌为剥蚀中山地貌形态。

2.4 地层结构

该滑坡体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。

3 模型建立

寨子沟滑坡断面见图3,滑坡土体物理力学参数见表1。

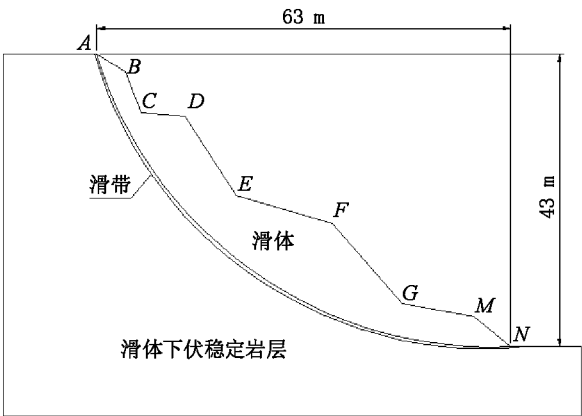


图3 模型滑坡示意图

表1 材料物理力学参数

材料名称	重度 /(kN/m ³)	弹性模量 /(MPa)	泊松比	粘聚力 /(kPa)	内摩擦角/(°)
滑体	20.5	30	0.3	30	24.0
滑带	20.0	30	0.3	26.5	19.9
滑体下伏 稳定岩层	23.7	1.6 × 10 ³	0.2	200	32.0

采用极限平衡法分析软件 Slide 对寨子沟滑坡进行分析,根据地质资料,该滑坡中有一条软弱带,将该软弱带设置为滑带,在模型中没有考虑孔隙水压力。图4 为模型示意图。

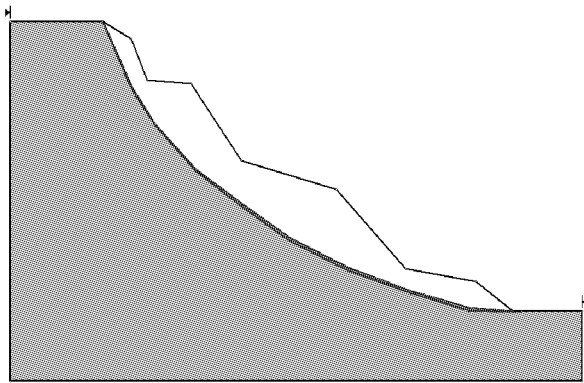


图4 Slide 模型示意图

在模型中,对左边界和右边界是进行横向约束,对下边界是进行横向和纵向约束。

4 算例分析

将模型设置为滑弧滑面自动搜索,对各个潜在的可能剪出口进行分析,结果见表2和图5。由图可知,当滑动面为圆弧滑面时,利用毕肖普法和简布法对其进行极限平衡法分析计算,计算结果表明,在潜在剪出口C、E、G、N滑带都有可能剪出。根据计算得到的稳定性系数结果显示,滑动面在潜在剪出口C、E时,其稳定性系数比滑动面在软弱带上更低,在这个复杂边坡中,可能最先发生滑动的是在潜在剪出口上。

表 2 无约束时潜在剪出口的稳定性系数

序号	剪出口	计算方法	稳定性系数
1	C	毕肖谱法	0.873
		简布法	0.872
2	E	毕肖谱法	0.915
		简布法	0.894
3	G	毕肖谱法	1.265
		简布法	1.132
4	N	毕肖谱法	1.165
		简布法	1.096

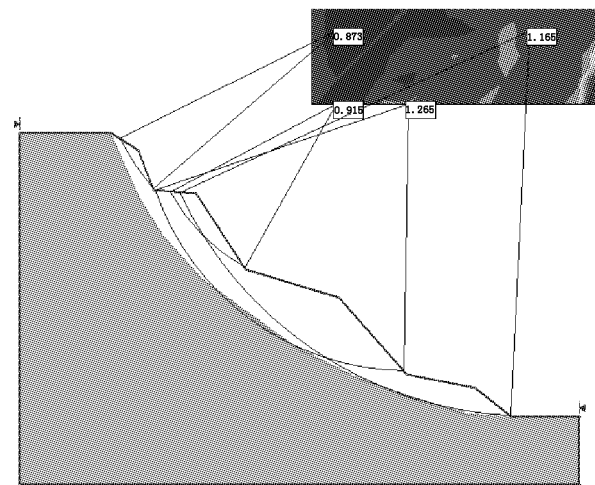


图 5 无约束时毕肖谱法圆弧滑面搜索示意图

5 约束剪出口与潜在次生滑动面变化的关系

5.1 对 C 剪出口约束

表 3 剪出口 C 约束时潜在剪出口的稳定性系数

序号	剪出口	计算方法	稳定性系数
1	C	毕肖谱法	搜索失败
		简布法	搜索失败
2	E	毕肖谱法	0.905
		简布法	0.888
3	G	毕肖谱法	1.240
		简布法	1.230
4	N	毕肖谱法	1.165
		简布法	1.096

根据上述在无约束时剪出口的稳定性系数计算结

果显示,C、E 潜在剪出口的安全性系数小于 1,首先对 C 剪出口进行约束(锚杆约束,下同),约束后计算结果见表 3 和图 6。可知,当对潜在剪出口 C 进行约束后,在 C 处不会出现滑移,但在 E、G 剪出口的滑移稳定性系数比约束前小,N 剪出口的滑移稳定性系数没有发生改变。

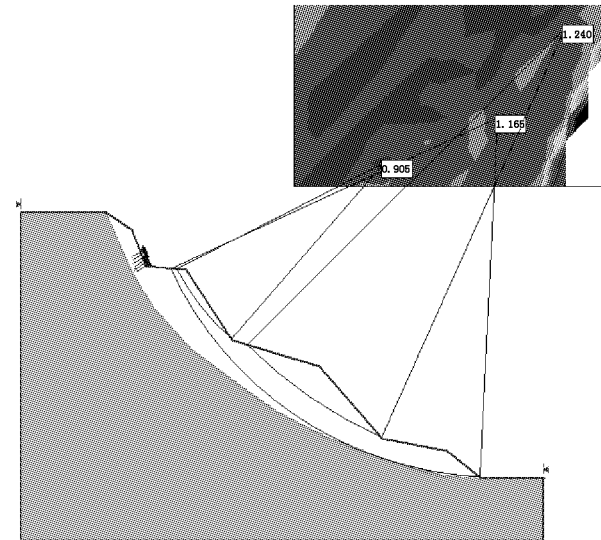


图 6 剪出口 C 约束时毕肖谱法圆弧滑面搜索示意图

5.2 对 C、E 剪出口约束

根据上述对 C 剪出口约束后计算结果显示,对 C 剪出口进行支护后,N 剪出口的稳定性系数仍小于 1,不满足工程要求,此剪出口处需要支护。

对 C、E 剪出口进行约束,约束后计算结果见表 4 和图 7。可知,当对剪出口 C、E 都进行约束时,潜在剪出口 C、E 处圆弧滑面搜索失败,G、N 剪出口的滑移稳定性系数没有发生改变,均大于 1,满足工程要求,可以不加以治理。

表 4 剪出口 C、E 约束时潜在剪出口的稳定性系数

序号	剪出口	计算方法	稳定性系数
1	C	毕肖谱法	搜索失败
		简布法	搜索失败
2	E	毕肖谱法	搜索失败
		简布法	搜索失败
3	G	毕肖谱法	1.265
		简布法	1.132
4	N	毕肖谱法	1.165
		简布法	1.096

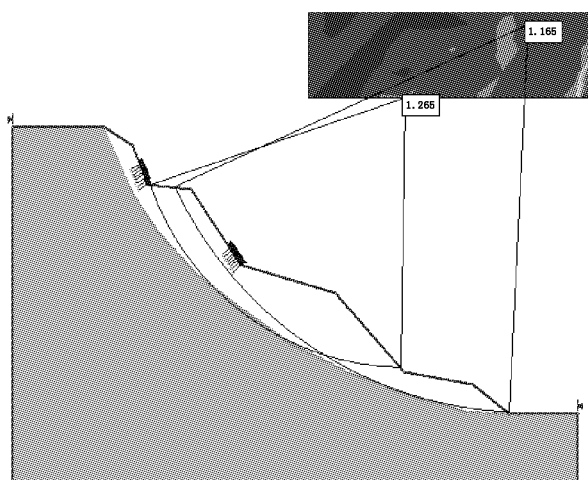


图7 剪出口C、E约束时毕肖谱法圆弧滑面搜索示意图

5.3 对所有潜在剪出口进行约束

上述计算结果表明,当对剪出口C、E进行约束后,所有的潜在剪出口的滑移稳定性系数都是大于1的,此时如果对所有的潜在剪出口进行约束,搜索该滑坡滑移的全局最小值,结果见图8。

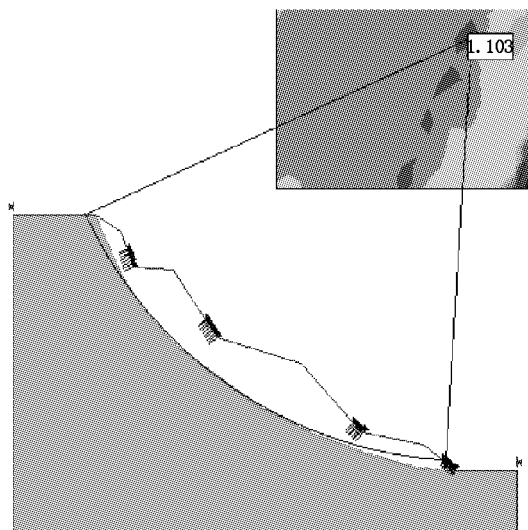


图8 所有剪出口都约束时毕肖谱法圆弧滑面搜索示意图

根据图8搜索的结果可知,当对所有的潜在剪出口都约束时,该滑坡的稳定性系数最小值都大于1,此时该滑坡无论是潜在剪出口还是滑带均不会发生滑移,该滑坡是稳定的。

6 结 论

对存在多剪出口的复杂土质滑坡进行极限平衡法分析,分析结果表明,当只对第一剪出口C约束后,潜在剪出口E仍然会发生滑移危险;当对潜在剪出口C、E都支护后,所有的潜在剪出口都不会发生滑移危险,但是仍有可能在其他地方发生滑移危险;当对所有潜在剪出口都支护后,再对该滑坡进行稳定安全系数全局最小值搜索,搜索结果表明,其全局最小值大于1,符合规范要求,可判定该滑坡是安全的。

滑坡支护方案只有寻找出所有小于设定安全系数的滑动面或剪出口并对其进行支护,抑制滑动面的贯通和剪出口的剪出,才能达到提高稳定安全系数,彻底治理滑坡的目标,确保滑坡加固措施安全可靠。

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] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社,1994. 86~98.
- [5] 徐开礼,朱志澄. 构造地质学[M]. 北京:地质出版社,1984. 125~157.
- [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 complex soil slope with several shear outlets based on limit equilibrium method

YANG Tao

(School of Civil Engineering, Chongqing Jiaotong University; Chongqing Jiaoda
Quality Inspection center of Construction Engineering Co. Ltd, Chongqing 400074, China)

Abstract: There may be more than one potential shear outlet or sliding surface in complex landslides, taking Wushan to Wuxi highway as an example. Potential shear outlet is supported successively, and the stability coefficient of the landslide after the potential shear support is analyzed by limit equilibrium method. The research shows the secondary sliding surface is still existed after the first shear outlet is supported. Then the secondary was supported, and so on. Only when finding out all the sliding surface or the shear outlets, support the slipper from the potential cut off the cut, improve the stability of the landslide, to ensure the safety of landslide reinforcement measures.

Key words: Stability analysis; Landslide support; Complex slope; Limit equilibrium method

翻译: 郭庆冰

江西省人大常委会副主任冯桃莲带队 检查南昌市河长制工作

3月9日,江西省人大常委会副主任冯桃莲带队赴南昌市湾里区、新建区、东湖区、高新区等地检查河长制工作,重点检查县区跨界断面水质情况,省人大环资委部分组成人员和省水利厅、省环保厅、省住建厅有关负责同志参加。

冯桃莲一行深入乌沙河流域湾里港下村、新建小桥村、赣江南支滁槎、青山电排站(青山闸)4个监测断面和湾里区污水处理厂进行实地察看,详细了解水环境状况和污染源入河情况,并对青山闸水样进行现场抽检。

冯桃莲充分肯定了南昌市近年来水污染防治和打造水景观工程取得的积极成效,同时指出目前存在县区跨界断面水质超标比重高、部分断面水质呈下降态势、赣江饮用水水源保护区存在安全隐患等问题。冯桃莲要求南昌市政府要以深入落实“河长制”为抓手,推动水污染标本兼治;以办理省人大环资委《关于加快南昌市水源建设保护的议案》为契机,加强饮用水水源保护区管理;要制定切实可行的综合治理方案,解决好城镇区域雨污分流、畜禽养殖污染排放、工业废水达标排放、农村垃圾分类处理、船舶港口污染防治等突出问题;以发扬钉钉子精神为动力,加强上下联动,防治各类水体污染。省直相关部门要加强指导帮促,结合中央环保督察组的意见将各有关环境问题一并抓好整改落实。

(江西省河长制办公室 夏思远)