

反算法在某滑坡稳定性评价中的应用

李剑伟, 杨培果, 陈清泉

(四川省交通运输厅交通勘察设计研究院, 四川成都 610017)

摘要: 目前,结合试验资料和工程经验并通过已知稳定状态的边坡及滑面等条件下反算滑带土的抗剪强度参数应用很广。介绍了对某航道一侧的滑坡进行滑带土抗剪强度参数的反算过程,研究结果表明:抗剪强度参数 c 、 φ 对边坡稳定性的影响均较显著,其中 φ 的显著性大于 c ,同时给出了滑带土的抗剪强度参数建议值。

关键词: 滑坡; 滑带土; 抗剪强度参数; 反算

中图分类号: TV31; [TV221.2]; TV221; TV223

文献标识码: B

文章编号: 1001-2184(2014)03-0089-03

1 概述

文中所研究的滑坡工程位于四川省渠县境内,发育于渠江某段航道的州河右岸,滑坡面积约为 108 000 m²。该滑坡于 2012 年 7 月 12 日 10~16 时发生滑动变形,滑坡前缘滑至州河中间,滑坡体侵占了州河的河道,严重影响到渠江某段航道的运营安全,引起了当地政府和省航务局的高度重视。

2 工程地质条件

2.1 自然地理及地形条件

渠县属亚热带季风性湿润气候,年平均气温 17 ℃,年平均降水量为 1 014~1 281 mm,气温与降水趋于一致。

滑坡区整体地势为北高、南低,地形较平缓,自然坡度为 10°~20°,绝对高程为 240~340 m,后缘局部可见基岩出露的陡崖。

2.2 地层岩性

工程区域主要出露的地层有:第四系全新统残积层(Q_4^{el})含碎石粉质粘土、第四系全新统滑坡堆积体(Q_4^{del})滑坡碎裂岩体、三叠系中统雷口坡组(T_2l)泥灰岩,局部夹泥岩。

2.3 地质构造及地震

滑坡区位于华蓥山背斜北段东翼木头石附近与铁山背斜斜鞍的连接处,附近发育了一系列扭性断层,滑坡区位于华蓥山断裂的北段南东侧,距华蓥山断裂约 5 km,华蓥山断裂地震活动性弱。岩层产状为:走向 257°~268°,倾向 SE,倾角 17°~26°。斜坡岩体裂隙发育,主要为三组裂隙:

(1) 走向 20°,倾向 NW,倾角 61°,可见延伸长度 1~3.5 m,占统计总数的 58%;(2) 走向 305°,倾向 NE,倾角 77°,可见延伸长度 1~1.7 m,占统计总数的 30%;(3) 走向 230°,倾向 SE,倾角 90°,可见延伸长度大,占统计总数的 12%。工程区属相对稳定的弱震环境,地震基本烈度为 VI 度。

2.4 水文地质条件

滑坡区主要赋存裂隙水和孔隙水两类地下水,其中裂隙水赋存于泥灰岩的裂隙中;孔隙水主要埋藏于松散堆积物中,埋深 3.1~5.4 m。根据取样试验结果,滑坡区内的地表水对混凝土具微腐蚀性。

3 滑坡体基本特征研究

3.1 滑坡体的空间形态

根据现场实测及钻探揭露,滑坡体前后缘纵向长约 450 m,横向宽约 150~330 m,滑坡体规模约为 130 万 m³,滑坡体厚度一般在 5.6~22.3 m 之间,平均厚度为 12 m。该滑坡为基岩滑坡,滑体为碎裂岩体,主要成分为全风化~强风化泥灰岩。依据现场勘察资料得知,该滑坡体的滑面为基岩顶界面,前缘滑面倾角为 1°~5°,中部滑面倾角为 12°~14°,后缘受羽状裂隙控制,滑面倾角较大,整体滑面呈折线形。

3.2 滑坡体的变形特征

由于州河的自然侵蚀切割作用,使得原有边坡具备了产生滑坡的临空条件。滑坡发生前,某地质队在滑坡体上使用地震勘探法找矿,于滑坡体 15 m 深度处放炮,此行为使得结构面逐渐贯通,抗剪强度指标降低;在此之后,滑坡区域内连

续出现多次强降雨天气过程,日降雨量最大达197.8 mm,雨水沿风化裂隙和构造裂隙大量渗入,使得含角砾粉质粘土逐渐饱和,抗剪强度急剧下降,上覆岩体沿软弱夹层突然下滑,进而形成滑坡。

4 滑带土抗剪强度的反算分析

在进行边坡稳定性定量评价时,常用的分析方法有:剩余推力法(Spush)、Sarma法、Janbu法、Bishop法等,这些方法的共同特点是需要输入准确的计算参数以保证其计算精度。然而,仅仅依靠试验资料是很难达到以上要求的;而依据滑坡反演分析原理,基于滑坡现状反算滑移面(滑带土)的抗剪强度参数则能有效地满足上述要求。^[1]

4.1 滑坡反算法的基本前提

基于土体极限平衡理论,滑坡反演分析遵循以下三项基本前提^[2]:

(1)了解当时坡体的稳定性系数。当滑坡处于临界稳定阶段,此时滑坡处于极限平衡状态,因而可以认为滑坡的稳定性系数为1或稍小于1,如0.99~1;当滑坡处于剧烈滑动阶段,可以将稳定性系数假定为0.95~0.98;当滑坡处于挤压变形或强变形阶段,可以将一般稳定性系数取为1.01~1.05。

(2)清楚滑面的确切位置,包括后缘拉裂缝以及前缘剪出口等。

(3)查清滑坡剧烈滑动前的雨情、震情、水位升降、斜坡弃土等生成剧烈滑动破坏的外力因素。

只有掌握了以上三个反算的前提,滑坡体抗剪强度参数的反算是方为可信的。

4.2 抗剪强度参数的反算

该滑坡在经历了前期的剧烈滑动之后,大部分势能已经被释放,在再次经历暴雨之后仅有裂缝拉张现象出现,说明该滑坡在暴雨工况下处于欠稳定状态,其稳定性系数为1~1.01;而天然工况下应属基本稳定状态,其稳定性系数为1.05~1.1。

勘察过程中,查明了滑坡体的基本特征以及剧烈滑动之前的雨情、外力震动破坏等情况,基于这几点,对于滑坡滑带土抗剪强度参数的反算是可以进行的。

基于当前边坡处于暴雨工况下、天然工况下的现状,笔者应用上述反演分析原理,采用传递系

数法,选取滑坡的主滑剖面进行了滑带土抗剪强度参数的反算。

依据试验参数和现场实际情况,笔者对滑坡体的天然重度取24 kN/m³,饱和重度取24.5 kN/m³。为了避免反算的盲目性,根据滑带土体为含角砾粉质粘土的具体情况以及滑坡体的平均厚度约12 m,选取了c值为12左右进行了φ值的反算^[3]。对于c、φ值形成的不同的组合序列,将其代入程序计算对应的稳定系数。天然及暴雨工况下的计算成果见图1、2、3。

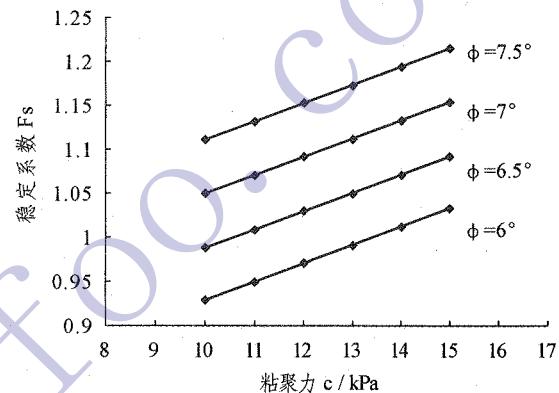


图1 参数反算成果—— F_s -c-φ关系曲线(天然)图

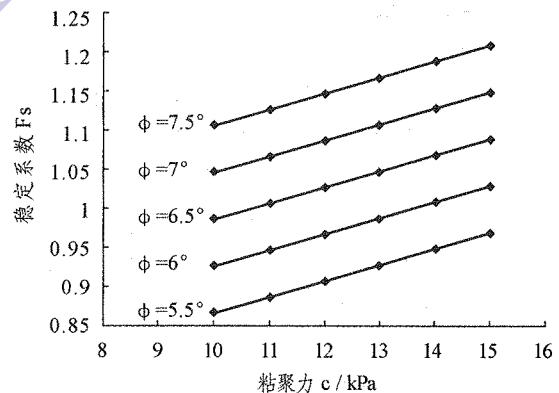


图2 参数反算成果—— F_s -c-φ关系曲线(暴雨)图

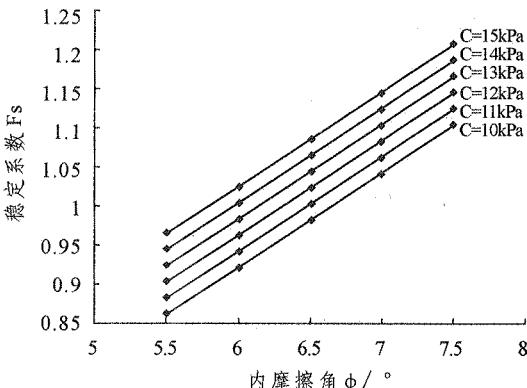


图3 参数反算成果—— F_s -φ-c关系曲线(暴雨)图

对图1、2、3进行分析后可知,滑动带的 c 、 φ 值对稳定系数的影响均较显著;但同样工况下的图3的曲线斜率大于图2,表明就该滑坡体而言, φ 值对稳定系数的影响较 c 更为显著。比如在 $\varphi=7^\circ$, $c=12\text{ kPa}$ 处, φ 升高 0.5° ,稳定系数 F_s 约提高5.59%;若 c 提高1 kPa,则稳定系数 F_s 仅增加约1.92%。图2、3的对比较好地说明了二者对稳定系数的影响。

4.3 强度参数的取值

笔者依据试验资料提供的强度参数指标计算了边坡的稳定系数,并基于当前坡体在天然以及暴雨工况下的现状进行了反算分析。计算结果见表1。

表1 强度指标计算成果表

项目	粘聚力 c / kPa	内摩擦角 $\varphi / (^\circ)$	稳定系数 F_s
试验指标 (饱和)	18	8.1	1.342
反算(天然 工况)指标	12	7	1.091
反算(暴雨 工况)指标	11	6.5	1.005

由表1可以看出,由试验参数计算出来的稳定系数偏大;反算得出来的滑带土的抗剪强度参数在进行滑坡稳定系数计算分析时是符合滑坡现状的,因而反算出来的滑带土抗剪强度参数是可信的。

综上所述,当前该滑坡在天然工况下属于基本稳定状态,在暴雨工况下处于欠稳定状态。但在州河的进一步冲刷之下,将加剧该边坡的滑动

破坏,进而影响航道运营的安全。因此,需及时采取必要的工程措施加以治理。

5 结语

(1)该滑坡为一基岩滑坡,滑体为碎裂岩体,滑坡所处区域地壳相对稳定,地震烈度为VI度。

(2)诱发边坡失稳的主要因素为:人为爆破、连续强降雨等。

(3)反演分析结果表明:滑带土的抗剪强度参数 c 、 φ 对边坡稳定性的影响均较显著,其中 φ 的显著性强于 c ;最后得出的建议值为:天然工况下 $\varphi=7^\circ$, $c=12\text{ kPa}$;暴雨工况下 $\varphi=6.5^\circ$, $c=11\text{ kPa}$ 。

(4)鉴于反算得出的滑带土 c 、 φ 结果是可信的,笔者建议:在进行航道治理、对滑坡处理时可以使用以上参数。

参考文献:

- [1] 张彬.三峡库区某滑坡的稳定性分析与评价[J].人民长江,2003,34(4):14-16.
- [2] 郑颖人,陈祖煜,王恭先,凌天清.边坡与滑坡工程治理[M].北京:人民交通出版社,2010.
- [3] 矢野义男,等著,周顺行,李良义,译.泥石流、滑坡、陡坡崩坍防治工程手册[M].南京:河海大学出版社,1994.

作者简介:

李剑伟(1980-),男,湖北天门人,工程师,硕士,从事岩土工程勘察设计工作;

杨培果(1983-),男,河南淅川人,工程师,硕士,从事岩土工程勘察设计工作;

陈清泉(1972-),男,四川自贡人,副主任工程师,高级工程师,学士,从事岩土工程勘察设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

中国水利水电第十工程局有限公司2014年施工技术交流会在渝隆重召开

2014年5月21~23日,“中国水利水电第十工程局有限公司2014年施工技术交流会”在渝隆重召开。陈茂副总经理兼总工程师主持会议开幕式,介绍了会议筹备情况。会议承办单位——渝广高速项目部经理李强致欢迎词,介绍了渝广项目情况并祝会议圆满成功;三分局副局长兼总工程师黄开江、公司工会主席陈顺清、公司副总经理涂建湘等领导也先后在开幕式上讲话,预祝会议圆满成功,并回顾了十局几十年来技术进步与发展历程和市场营销与技术进步的紧密关系等,给与会者以启示与思考。开幕式上,宣读了公司评选出的2013年度科技进步奖获奖项目、专利、工法及2012~2013年度优秀科技论文获奖名单。由公司领导颁发了奖状与奖金,彰显了中水十局对科技进步的重视。与会代表合影留念后,大会进行了学术交流,露天矿山境界优化方法及研究应用;碗扣式满堂支架在现浇连续箱梁施工中的应用;小井沟水利枢纽工程倒冲沟拱式渡槽施工技术;印尼 Jatigede 项目粘土心墙堆石坝施工技术;南水北调镇平三标渠道混凝土衬砌施工技术;加筋土垂直挡土墙工艺原理和施工技术;抱箍法在大型盖梁施工中的应用;风电施工技术;房建工程深基坑处理技术;水磨钻成孔法在桥梁桩基中的应用;渝广高速公路工地实验室标准化建设;翻模施工在薄壁空心墩中的应用;TBM 施工技术等十三篇论文的作者先后在大会上图文并茂地进行了宣读,并通过现场答疑的形式加深了与会代表对论文的理解,获得了较好的效果。与会的各分局总工程师先后在会上介绍了本单位开展的技术工作和科技进步情况。局工程部吴方明主任在会上介绍了公司科技发展规划,给与代表指明了方向。陈茂副总经理兼总工程师最后在会上做了总结发言,希望大家借会议东风,将十局的技术进步工作推上一个新高度。会议期间,与会代表实地考察了渝广高速公路项目,对工程的进展有了实际的了解。在完成了预定的议程后,会议圆满结束。