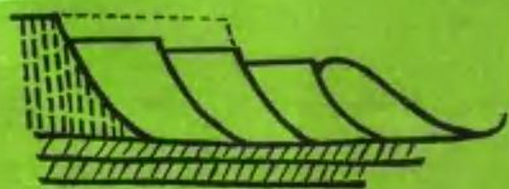


滑坡文集

(第十一集)



中国铁道出版社

滑 坡 文 集

(第 十 一 集)

滑坡文集编委会 主编

中 国 铁 道 出 版 社

1 9 9 4 年 · 北 京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本集选稿 22 篇,主要内容有:滑坡空间形态确定、动态监测及锚索抗滑桩技术的系列研究成果;不同地区、不同类型滑坡灾害的原因分析及整治措施;边坡稳定分析和滑坡勘探技术的改进方法;滑坡事件数据库的规划设计思想等。文集最后附有每篇文章的英文提要,以便国际交流。

本文集可供工程地质工作者及土建工程设计者参考。

滑 坡 文 集

(第十一集)

滑坡文集编委会 主编

*

中国铁道出版社出版发行

(北京市东单三条 14 号)

责任编辑 张苍松 封面设计 翟 达

各地新华书店经售

中国铁道出版社印刷厂印

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:10.75 字数:258 千

1994 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:1—2000 册

ISBN7-113-01260-4/TU·276 定价:13.00 元

滑坡文集编辑委员会

(甘肃省兰州市民主东路 219 号, 730000)

主任委员:李 嘉(铁道部科学研究院西北分院)

副主任委员:徐邦栋(铁道部科学研究院西北分院)

委 员:(以姓氏笔画为序)

马 骥(铁道部科学研究院西北分院)

于济民(铁道部科学研究院西北分院)

王少东(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

王传仁(交通部第一公路勘察设计院)

王恭先(铁道部科学研究院西北分院)

叶宗荣(铁道部第三勘测设计院)

刘光代(铁道部科学研究院西北分院)

刘祥海(西南交通大学)

池淑兰(西南交通大学)

陈 健(中国铁道出版社)

陈自生(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所)

陈德基(水电部长江勘测技术研究所)

陆玉琬(铁道部第二勘测设计院)

余正祥(铁道部第二勘测设计院)

孟英喆(铁道部第一勘测设计院)

居恢扬(上海铁道学院)

施以仁(中国铁道出版社)

徐凤鹤(铁道部第四勘测设计院)

徐峻龄(铁道部科学研究院西北分院)

晏同珍(中国地质大学、武汉)

常务编委:刘光代(铁道部科学研究院西北分院)

徐峻龄(铁道部科学研究院西北分院)

秘 书:张永生(铁道部科学研究院西北分院)

目 录

一、滑坡综合研究报告及灾害预测

1. 滑坡空间形态确定、动态监测及锚索抗滑桩技术 徐峻龄 摘编(1)
2. 对西南山区滑坡一些主要特征的认识 史国安(7)
3. 华蓥市溪口镇青龙嘴北滑坡灾情预测分析 陈自生 孔纪名 王录杰(14)
4. 中条山滑坡地区工程地质选线 王笃实(20)

二、滑坡灾害的原因分析及整治措施

- ✓ 5. 滑坡滑动面的形状与整治工程 陆玉珑(27)
6. 岩土工程在滑坡治理中的实践 王松龄(36)
- ✗ 7. 云南省滑坡、泥石流灾害及防治对策研究 潘长庆 袁万钟(42)
8. 川藏公路南线义敦段的滑坡灾害及防治意见 王恭先(47)
9. 预应力锚索技术在滑坡治理中的应用 李聚金 蒋楚生(54)
10. 镇江云台山西侧滑坡特征及防治措施 莫吉勋 吴丹山(61)
11. 宝成线 K105 滑坡的综合治理 赵天合(69)
12. 莫洛滑坡的形成条件分析与整治对策 金培杰 曹玉立(79)
13. 岩石滑坡工程地质力学方法工程应用一例 马惠民(85)
14. 江油 305 厂任家山滑坡的成因分析与防治措施 金培杰(93)
15. 滑坡地区水文地质概念模型的研究 金培杰 曹玉立(98)

三、边坡稳定性分析

16. 计算边坡安全系数整体极值的随机搜索法 陈祖煜(105)
17. 岩石边坡的滑动破坏分析 温智勇(115)
18. 月亮湾电厂花岗岩高边坡的稳定性分析及应急整治工程 郑 静(123)

四、滑坡勘探技术

19. 建立滑坡事件数据库的规划和设想 陈自生(129)
20. 滑坡电探技术的探讨与分析 侯殿英(134)

五、译 文

21. 用新的循环加载的高速环状剪力仪研究地震时滑坡的动力性状
..... 原作者:佐佐恭二 译者:王恭先(140)
22. 预报喀尔巴阡山山前粘性土层滑坡时数学方法的应用
..... 原作者:Г. И 鲁德科、Н. Д 古勃科 译者:刘铁良(152)

PROCEEDINGS OF LANDSLIDES

Volume Eleven

Contents

I Comprehensive Report of Landslide & Disasters Prediction

1. Determination of Landslide Space Form, Development Monitoring and Technique of Anchor Rod Antislid Pile Xu Junling
2. Thought About the Chief Features of Landslide of Southwest China Mountainous Regions Shi Guo-an
3. Analysis About Landslide Disaster Forecast of North Qinlongzui in the HuaYing City Chen Zishen, Kong Jimin, Wang Lujie
4. Route Selection of Engineering Geological in Zhongtiao Mountain Landslide Region Wang Dushi

II Origin Analysis of Landslide Disasters and Controlling Measures

5. Result and Relationship Between Feature of Slide Surface of Landslide and its Controlling Construction Lu Yulong
6. The Using of Geotechnic in Landslide Treatment Wang Songling
7. The Study of Disaster Prevention Countmeasure of Landslide & Debris Flow in Yunnan Province Pan Changqing, Yuan Wanzhong
8. The Landslide Disasters and Control Suggestion of Yidun Section of Sichuan-Tibet South Road Wang Gongxian
9. The Application of Prestressing Cable Anchor Technology in Protecting Landslide Li Jujin, Jiang Chusheng
10. The Landslide Features and Control Method in Western Yuntai Mountain, Zhenjiang City Mo Jixun, Wu Danshan
11. Comprehensive Controlling of K105 Landslide on Baocheng Railway Zhao Tianhe
12. Analysis About Formation Conditions of Moluo Landslide and its Treatment Strategies Jin Peijie, Cao Yuli
13. A Typical Example Using Engineering Geological Mechanics Investigation and Analysis Method (EGMIAM) for Rockslide Ma Huiming
14. The Causal Analysis of JiangYou 305 Factory Renjiashan Landslide and its Prevention Method Jin Peijie
15. A Research for the Hydrogeologic Conceptual Model in Landslide Area Jin Peijie, Cao Yuli

III Analysis of Slope Stability

16. Random Trials in Determining Global Minimum Factors of Safety of slopes Chen Zuyu

17. Slipping Failure Analysis of Rock Slopes Wen Zhiyong
18. Analysis of Stability of Granite High Slope of Cut in Yueliangwan Powerstation and its Immidliate
Controlling Construction Zheng Jing
- IV Survey Technique of Landslide
19. Framework of the Landslide Events Database Chen Zisheng
20. Discussion and Analysis of Technique of Electrcial Prospecting in Landslide Hou Dianying
- V Translation
21. Access to the Dynamics of Landslides during Earthquakes by a New Cyclic Loading High-speed
Ring Shear Apparatus Kyoji Sassa
22. применение математического аппарата при прогнозировании оползней в глинистых отложениях
предкарпаття рудько г. и, губко н. д

《滑坡文集》第十二集主要内容预告

1. 舟山市某岛浅海海底滑坡的研究；
2. 高速远程滑坡研究现状综述；
3. 滑坡防治研究的重要理论；
4. 滑坡灾害的原因分析及整治措施。

这些内容反映了我国近期在滑坡系列研究、稳定性分析及整治措施等方面的新进展。

滑坡空间形态确定、动态监测及 锚索抗滑桩技术

铁道部科学研究院西北分院 徐峻龄 摘编

提 要

本文简要介绍了铁道部科学研究院西北分院滑坡室在 80 年代所取得的综合性科研成果“滑坡空间形态确定、动态监测及锚索抗滑桩技术”的主要内容。此成果在滑坡研究的三个主要方面——滑坡勘测方法(工程场地滑坡空间预测)、滑坡监测预报、滑坡防治工程——均取得了较大进展。本成果已于 1990 年通过部鉴定。

一、概 述

“滑坡空间形态确定、动态监测及锚索抗滑桩技术”是西北研究所滑坡室在 80 年代就滑坡调查勘探方法、综合监测预报技术及新型抗滑工程措施进行的多项研究取得的综合性成果的名称,该综合性成果已于 1990 年在铁道部科技司主持下通过了专家鉴定并获得较好评价。

该成果由以下三大部分组成:

1. 滑坡地质力学分析和空间形态判定;
2. 滑坡动态综合监测预报技术;
3. 预应力锚索抗滑桩技术。

其主要内容有:

1. 按地质力学理论研究出一套适用于岩质滑坡的地质力学调查分析方法,创造性地运用裂面构造形迹调查和构造配套分析,确定滑坡生成条件、滑坡边界、裂面力学指标、滑坡稳定性及发展趋势,并为确定推力大小等提供足够依据,可节省大量勘探经费和勘探时间。

2. 针对滑体、滑床物性差异较大的黄土滑坡、堆积土滑坡及破碎岩石滑坡,实施以航片判释指导地面调查、物探指导钻探的原则,提出了如何运用多种手段确定工程场地有无滑坡及其范围、厚度、类型、水文地质条件、滑带土特征与强度指标、稳定状态及防治建议的工作方法,并提出“趋势性滑动面”新概念。勘探经费和勘探时间均可减少 1/3 左右。

3. 提出了可作为现行有关规范和规则补充的滑坡工程地质测绘、物探、钻探三个细则。

4. 研究出适用于岩质滑坡早期变形的六道声发射监测仪。

5. 研制出可监测各类滑坡动态的滑坡综合监测报警仪。该报警仪设置了 25 个通道,具有多参数、多功能、连续监测、抗干扰强等特点。

6. 研制出了完整的监测预报系列,可对各类滑坡不同阶段的地面和地下动态进行监测。

7. 研究出部分类型滑坡剧滑破坏时间预报公式,并做了验证。

8. 研制出适用于锚固条件较好的滑坡的预应力锚索抗滑桩。其受力状态类似简支梁,克服了一般抗滑桩悬臂式受力的不合理状态,变一般抗滑桩的被动抗滑结构为(一定意义上的)主

动抗滑结构。

9. 通过室内大型模型桩及野外实体桩试验,解决了桩的受力状态、桩与滑坡相互作用的设计计算方法及施工工艺等问题,可显著减少桩长及截面,降低工程造价。。

上述技术已分别在鹰厦线 K365 滑坡,宝成线 K209 滑坡,梅七线 K43 滑坡,陇海线 K1338 滑坡、K1370 滑坡及葡萄园滑坡群,陕西韩城电厂滑坡和板桥滑坡,深圳华能电厂高边坡,四川金鸡岩煤矿风机房滑坡和电影院滑坡,四川江油 624 所高空台区滑坡等工点使用并取得良好效果。

二、主要内容简介

(一)滑坡地质力学分析和空间形态判定

在我国,山区占有很大面积。随着经济的发展,山区的建设项目日渐增多,规模日渐增大,滑坡出现的频率和造成的损失亦日趋严重,因而要求解决工程场地滑坡空间预测的呼声日益高涨。工程场地滑坡空间预测应该解决的问题是:拟建或已建工程场地有无滑坡,可能发生的或已发生的滑坡的范围、厚度、类型,滑坡的形成条件和诱发因素,滑带土特征与强度指标,滑坡的稳定状态,对可能造成的危害做出判断,并提出方案性的防治建议。

本成果针对不同类型的滑坡提出了不同的空间预测方法。

1. 地质力学调查分析方法

此方法是依据地质力学原理研究完成的,适用于岩石滑坡和破碎岩石滑坡,这两类滑坡中都有可资量测和辨认的不同时期各种成因特点的结构面,这些结构面是进行地质力学分析的基础。

经反复实践,总结出应按以下三个步骤进行:

(1)地貌形态特点调查分析

山体的地貌特点多半受构造控制,是判明构造格局的依据之一,可从山体形态、山坡外貌及斜坡变形、河流和冲沟的分布等方面分析提出总的构造格局,并判断出岩质滑坡是否存在或能否产生,以及滑坡的分块及稳定性等。

(2)地质力学调查分析

在漫长的地质年代中,山体曾受到多次构造作用,形成许多构造形迹,这些大大小小的构造形迹虽然复杂,但自有其成生、分布、组合、切割规律,可据其反推出山体在形成过程中经历过的地应力史,即可推断出山体曾经受过几次构造应力作用及先后顺序,每一应力场中出现的配套裂面,每组裂面在生成时的力学属性及后期地应力对它们的改造,各组裂面间的切割关系等,最后填绘出设计所需的工程地质图件。在实际调查中,要特别注意结构面上的构造擦痕和不同期擦痕的切割关系以及隐裂面的分析判断。

在地表露头不足之处,应把物探和坑槽探做为辅助手段。

(3)构造格局与滑坡成生关系分析

每块可能形成岩质滑坡的临空坡体,在整个山体构造格局中都有一定的形状和范围,均曾与整个山体一起经历了多次构造作用的影响,它们与稳定山体分开的边界多依附于先期形成的构造裂面。在上述两项调查分析的基础上,可查明各期构造应力场的先后顺序及其配套裂面,进而依据结构面的性质、贯通性及水文地质条件等判断滑坡边界的地质基础,再考虑到临空面的特征及其发育趋势,即可做出如下判断:岩质滑坡是否可能形成、滑动原因、滑坡的规模

和范围、滑坡稳定性及发展趋势等。

为了验证某些判断的可靠性,在重要部位应做少量勘探,如查明滑体厚度等。

实践揭示:滑坡后界多依附于张性面或压扭面;滑坡侧界多依附于扭性面或张扭面;滑坡底界则或为层间错动带(如顺层岩石滑坡),或为向临空方向缓倾斜的压扭性结构面,或为卸荷作用诱发的缓倾破坏带。

与传统的工程地质调查方法相比,这种做法最突出的优点在于:

第一、能够较好地揭示貌似杂乱无章的节理裂隙系统的分布和组合规律,确定后期应力场形成的主要裂面(包括对前期应力场裂面的继承)。一般而论,后期应力场产生的裂面,尤其是继承了前期应力场结构面的那些裂面,往往贯通性最好,对岩体的切割最显著,常是不稳定岩体与稳定岩体的分离界面。

第二、可较好地判断出滑动面所依附的裂面系统,在某些情况下,还可较准确地估计出滑动面的倾角,为推力计算及工程设计提供依据。众所周知,水平岩层第一次受到挤压时,除在平面上形成一套节理系统外,在岩体的侧面也往往形成一组 X 节理,岩体沿这两组结构面错动之前,它们多半是密闭的,但挤压力继续增大时,上复岩体却可沿之错动,后期卸荷作用也可使其松弛,往往是近水平岩层和非顺层滑动的倾斜岩层中产生滑坡时滑动面赖以形成的重要基础。当然,这种滑动面的形成还有赖于其他裂面(如层面)以及岩体的局部剪断。

2. 综合勘探方法

滑坡勘探原是有多种手段的,但在一个相当长的时期中,由于某些原因,常将这些手段肢解、分割,不能发挥综合应用效果,以致产生钻孔多、工期长、耗资高等弊端。本成果针对滑体、滑床物性差异较大的黄土滑坡、堆积土滑坡和破碎岩石滑坡,提出此综合勘探方法,融合遥感图象判释、地面工程地质调查、物探、钻探、挖探、试验等多种手段,并发挥各自之长,实施遥感图象判释指导地面工程地质调查、物探指导钻探的原则,达到了提高滑坡工程地质工作效率和空间预测精度的目的。

主要结论性认识有:

(1)卫片和航片视域广阔、信息丰富、便于在野外工作开始之前了解现场总体概况。卫片能清晰显示大型、尤其是巨型构造体系,但因其比例尺过小,在工程场地滑坡空间预测中能够发挥的作用极其有限。航片则不同,能清楚显示河曲特征、沟谷分布、斜坡形态、第四系堆积物范围及其与古老岩层分界线、植被特点以及泉水、湿地、池塘位置等。据上述信息,可判断出斜坡是否产生过滑坡(或其他变形)及其范围,良好基岩露头位置,河流冲刷、植被特点、泉水湿地池塘的分布以及断层带对斜坡稳定的影响等,并可初步确定现场调查工作的重点,对开展地面调查有很大帮助。但因植被和第四系堆积物的覆盖及航片的色调差异等原因,有些信息的显示不够理想,在工程场地滑坡空间预测中其作用也是有限的。在地区性滑坡空间预测中,卫片和航片将会发挥更大作用。

(2)在工程场地滑坡空间预测中,物探(电测深)能够发挥较好作用,可概略查明地层分层、有无过湿带及其范围、地下水渗流方向、有无断层,并可提供有相当分析价值的“趋势性滑动面”。但是,物探网的布置及物探资料的分析必须在初步查明工作区地质条件的前提下进行,没有浓厚地质分析色彩的物探工作,往往得不到应该得到的结论。

(3)所谓“趋势性滑动面”是在等视电阻率纵断面图上依据视电阻率的高低、过湿带位置、地表裂缝、滑坡陡坎、可见的滑坡后缘位置及出口迹象等综合确定的滑面线,它既不完全是滑面在空间确切的几何位置,也不完全仅是依据物探资料判定的斜坡体物性分界线,而是兼有二

者的特征。由于在视电阻率断面图中,视电阻率等值线并不表示其实际深度,所以上述滑面线不完全表示滑面的确切位置,故称其为“趋势性滑动面”。这一概念在寻找滑动面和分析滑体空间结构中发挥了良好作用。

(4)电测深资料的定性分析,尤其是视电阻率等值线纵断面图反映的信息较多,它不仅可以验证和补充地面调查得到的初步判断,而且能给这种判断提供概略的数量指标和滑体结构性依据,这对分析滑坡性质和规模很有帮助。但定量分析,尤其是不同地层的较细微划分及埋深较大的薄层和软弱夹层的测定,由于目前电测深设备和方法不易捕捉到这些较细微的变化,所以常与实际情况有一定出入。

(5)对同一滑坡工点,在雨季前后用同一物探网做两次电测深,可较清楚查明雨季前后地下水动态变化,判断滑坡稳定性演化趋势。

(6)相对于物探的概略性和宏观性而言,钻探具有准确性和“微观性”特点,可以查明较薄的软弱夹层和滑动带。依据物探信息布置钻孔,能使钻探有较强针对性,收到较好效果,并使减少钻孔数量的愿望得以实现。

此外,本成果所附三个细则(滑坡工程地质测绘、滑坡地球物理勘探、滑坡地质钻探)是对有关铁道部颁规则和规范的补充,与相应规则和规范相比,细致而具体,便于参照执行,可供有关科技人员,尤其是对滑坡知之不多的科技人员参考。

(二)滑坡动态综合监测预报技术

滑坡监测预报和滑坡空间预测都是近年来国民经济建设中急待解决的问题,尤其监测预报对保证安全生产和减少经济损失有着更为直接的关系。

滑坡从发生发展到相对稳定的全过程可分为五个阶段:蠕动阶段、挤压阶段、滑动阶段、剧滑阶段、相对稳定阶段。由于滑坡类型的差异,环境因素的不同及其变化,不仅各阶段持续时间不同,且其间可以有间歇和反复。

当滑体刚刚开始蠕动时,通常地表无可见变形迹象,但滑体内部,尤其是靠近滑带的滑体却可产生挤压作用,由于岩土의应力-应变关系与声发射参数“事件计数率”具良好相关性,岩土愈接近破坏,“事件计数率”愈大。

据此,研制出 SJ-1 型六道声发射监测仪,可捕捉斜坡(尤其是岩质斜坡)变形初期的信息。该仪器以“事件计数率”和“事件到达时刻”等参数显示监测信息,监测和数据处理均由计算机完成,并可打印输出或存储,操作简便。由于采用多通道,故可对声发射源平面定位。“到达时刻”采用浮动座标,提高了仪器的分析判断能力。

挤压阶段中后期斜坡表面开始出现裂缝,通常最早出现的是后缘拉张裂缝,随着滑坡由蠕动而微动而滑动,后缘裂缝逐渐加宽,侧缘剪切裂缝和前缘鼓张裂缝渐次出现。地表裂缝是最直观的滑坡变形迹象,尤其后缘裂缝易于量测,监测裂缝发展速度及变化特点是滑坡预报最便捷的途径,目前也是研究滑坡预报公式唯一可资利用的资料。

据此,研制出 KHB-2 型滑坡综合监测报警系统,由传感器、转换接口、计算机、数据显示和打印、时钟、电源等几部分组成。计算机按事先输入的指令自动完成系统控制、信号输出、数据打印、时间显示等。

该系统设计了连续工作和省电工作两种方式。省电工作方式是在滑坡处于相对稳定状态时,让耗电量较多的计算机暂停工作,当滑坡发生微小位移时,则通过控制部分让计算机开始运行,而系统的监测部分则始终不停地监测各点的变化。

该系统可同时接收 25 个位移量或是可转换为位移量的地下水位、降雨量等。若将设定的

预警值输入计算机,则当滑坡位移超过预警值时,系统可自动报警。

上述两项设备与其他引进和改制的多项设备一道组成了完整的滑坡监测系统,可对滑坡实施有效监测。

如何预报滑坡剧滑时间一直为人们所关注,本成果在这一方面也取得了一定进展。

在显示滑坡位移全过程的位移-时间曲线中,不论曲线的前中段如何变化,在滑坡剧滑前都有一个加速运动过程,如能在该曲线中任选一点(暂称之为计算开始点),并从此点起将位移曲线分成足够多个等位移段 $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$,其相应的位移时间为 $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_n$,如下列关系成立:

$$\frac{\Delta t_n}{\Delta t_{n-1}} = \frac{\Delta t_{n-1}}{\Delta t_{n-2}} \dots = \frac{\Delta t_3}{\Delta t_2} = \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1} = \gamma_i$$

则可推导出下列公式:

$$T_r = \frac{\Delta t_1}{1 - \gamma_i}$$

式中 T_r ——从计算开始点起至剧滑所需时间;

Δt_1 ——从计算开始点起第 1 个等位移段所经历时间;

γ_i ——小于 1 的比例常数。

曾用该公式对卧龙寺滑坡进行了验证性预报,预报时间与实际发生时间比较接近(后者较前者早约 11h)。

对不同的滑坡, γ_i 可能是不同的,应依据实际监测资料计算。

(三)预应力锚索抗滑桩技术

自 60 年代中期开始在整治滑坡中使用挖孔抗滑桩以来,由于它较之 50 年代普遍采用的抗滑挡墙有许多优点,故而被广泛应用。一般抗滑桩为被动式受力的悬臂式受力状态,只有当滑坡推力作用到桩身上,桩身在位移和变形的同时,其滑面以下部分与岩土形成地基反力,逐渐与滑坡推力平衡,最终阻止滑坡滑动,由于受力状态不合理,必然导致桩身长、截面大、造价高等缺点。

预应力锚索抗滑桩是在桩身顶部沿与水平方向大约 30° 角设置预应力锚索,锚索穿过滑体锚固到滑床内。锚索张拉后,其上端用锚具与桩身形成铰性连接,从而形成类似简支梁受力状态的主动抗滑结构,预应力锚索通过桩身对滑体主动施加了一个相当大的预应力,可显著改善结构物的受力条件。

由于锚索抗滑桩滑面以下部分所受侧向反力之代数和等于滑坡推力的水平投影与锚索拉力的水平投影之代数和,这种受力状态必然使预应力锚索抗滑桩桩周应力减小,因此可使桩截面小、桩身短、配筋少,并使桩周围岩易于满足桩对侧向承载力的要求。

本项目曾进行了室内大型预应力锚索抗滑桩试验,试验条件为:试验槽长 5m,宽 3m,深 3m;桩长 3.0m,横截面 $0.32\text{m} \times 0.25\text{m}$,与一般工程预应力锚索抗滑桩的比例为 1:4 至 1:5;滑体为厚 2.1m 的黄土质砂粘土,滑床为 50# 砂浆,滑带为软塑状粘土,滑面倾角 18° ;桩在滑面以下埋深 0.83m;施加的最大滑坡推力为 350~360kN,锚索最大预拉力为 107kN。

试验表明:在滑面以上,桩侧应力图形近似 K 型分布,与一般认为滑坡推力呈矩形分布差别不大;最大弯矩点由一般抗滑桩在滑面附近上移到接近滑体中部位置;一般情况下桩的河侧受拉,只有当桩顶位移较大时,才出现靠山侧受拉的情况。

预应力锚索抗滑桩设计主要包括锚索设计拉力和锚索预应力确定,桩身内力计算及配筋,

锚固方法选择与强度计算,锚索孔倾角、直径和间距的确定等。

正确确定锚索设计拉力是非常重要的,太大没有必要,太小则不能使锚索抗滑桩处于最合理的受力状态。确定锚索设计拉力可采用两种方法:有限差分法;金布格和依申柯建议的方法。虽然前者计算略复杂,但由于考虑了桩与滑坡间的相互作用,计算结果更合理,用这样的方法求得的弯矩及桩侧应力与室内模型试验结果基本一致。

锚索预应力可按下列办法计算确定。

首先假定预拉应力 A' 为锚索设计拉力的 75~80%,计算该预拉应力作用下桩顶水平位移 y' ,此时可不考虑在锚索预应力作用下滑体向山侧可能产生的位移,根据设桩处的滑体性质,采用适当地基系数与分布图示按弹性桩计算。

再根据允许桩顶最大位移 y_2 ,算出锚索伸长量 Δl ,从而求出锚索的拉力增量 ΔA 及最终锚索拉力 $A = A' + \Delta A$ 。

调整 A' ,重复上述计算,直至最终锚索拉力达到锚索设计拉力。

锚索在滑床内的锚固类型分为埋入式锚固,涨壳式内锚头锚固,扩孔式锚固及混合式锚固。锚固强度计算包括:锚索材料强度、水泥砂浆与钢绞线间的握裹力、砂浆与孔壁间的粘结强度等。在绝大多数情况下,砂浆与孔壁间的粘结强度起控制作用,故应做现场抗拔试验。

预应力锚索抗滑桩的施工分为桩身施工及锚索施工两部分。桩身施工与一般抗滑桩大同小异。锚索施工包括钻锚索孔、下锚索、压浆、张拉等,成果报告中有详细论述,可参阅。

对西南山区滑坡一些主要特征的认识

铁道部第二勘测设计院 史国安

提 要

本文主要介绍易滑地层的一般物理特征等。同步含水量与抗剪强度变化关系说明,易滑地层饱水后抗剪强度约比普通土降低一倍。有机质含量增加,天然含水量相应增加,当有机质为 30% 时天然含水量可达 150%。

降雨量与滑坡关系密切,降雨量(Q)的增加可使滑坡位移(S)成指数倍增加。

地震对滑坡的影响表明,近强震、远强震、Ⅱ级以上地震群对滑坡都有明显的影响。

影响易滑地层临界抗剪强度的主要因素有:天然含水量,碎石角砾含量超过 15% 即有明显影响;室内直剪、野外大面积直剪都有同样偏差,只有土呈可塑状态(中和稠度)偏差较小。最后提出了排除偏差影响的抗剪强度计算公式。

一、前 言

我国西南云南、贵州、四川三省,地处高原,地质构造复杂,地层多变,新构造运动频繁,昼夜温差大,降雨量集中,因此地震、滑坡、泥石流等自然灾害闻名全国,给建设带来一定影响。

根据本人经历,分以下四个部分谈谈自己对西南山区产生滑坡有密切关系的主要影响因素的认识。

第一部分是区域性易滑地层,其中重点叙述易滑地层的一般物理特征和水理力学特征。

第二部分是水文气象(降雨)与滑坡的关系,其中重点叙述降雨量(Q)与滑坡位移(S)和滑坡位移当量($\frac{S}{Q}$)的关系。

第三部分是叙述地震与滑坡的关系,其中重点叙述近强震、远强震、地震群对滑坡的影响。

第四部分是易滑地层的临界抗剪强度,其中重点叙述了影响临界强度的几个主要因素,包括天然含水量(饱和度)、试验方法、土的非均质性等。最后提出了修正试验偏差的抗剪强度计算办法和残余强度的选用范围。

二、区域性易滑地层

(一)易滑地层及其一般物理特征

根据本人的经历,西南山区的滑坡多出现在如下几种地层:

1. 中生界红层。多为紫、紫灰、灰绿等色,以泥岩、页岩为主。此种地层多含易溶盐,并具有不同程度的膨胀性。遇水强烈崩解。多分布于云南元谋到昆明成昆铁路沿线一带。

2. 第四系龙街层和昔格达层。这两种地层属于静水沉积,其塑性指数多为 12~22%。多呈

浅黄、灰色、灰黄色,具微层理,有直立性。多含易溶盐。局部含有机质,并具有一定的膨胀性,最大膨胀率为 20%。此种地层多见于金沙江、雅砻江两岸。

3. 第三系粘土岩。多呈灰、灰白、兰灰、灰褐等色,富含蒙脱石,水云母、拜来石等亲水矿物,并含有机质,局部与褐煤共生。具有强烈的膨胀性。干硬湿软。多见于云南较大断陷盆地一带。

4. 第四系成都粘土层。多见于成昆铁路北段,具有强烈的膨胀性。

5. 煤矿地区的第四系堆积层。多呈灰黑、黑褐色,富含有机质,塑性指数为 20~50%,具有较强的亲水性,孔隙比大,容重低,天然含水量高,强度低。

6. 火山凝灰岩泥化土。多呈紫、灰褐、灰白等色,具有层理,带有一定的膨胀性。多见于玄武岩分布区。塑性指数为 16~28%。

7. 基岩中的软弱夹层。以泥岩页岩为主,多呈浅黄、黄褐等色。塑性指数为 12~38%。多夹在泥灰岩、石灰岩之间。多以顺层滑坡形式出现。

8. 湖相淤积粘土层。多呈灰褐、灰黑色,富含有机质,塑性指数 13~93%。土的天然孔隙比大,天然含水量高,容重小,强度低。多分布在西南地区断陷盆地中。

(二) 易滑地层的水理力学特征

易滑地层饱水后,抗剪强度(c, ϕ)的衰减情况与普通土有明显的差别。文中采用同步含水量($W-W_p$)与各种易滑地层相应抗剪强度进行分析对比,其结果如图 1 和图 2 所示。从图中

可以看出各种易滑地层饱水后抗剪强度衰减情况。当同步含水量超过 16% 时,其抗剪强度已衰减到远低于普通土的抗剪强度,一般衰减到普通土抗剪强度的 1/3~2/3。

(三) 有机质土具有相当强的亲水性,对此它不次于第三系膨胀土。云南滇池边有机质粘

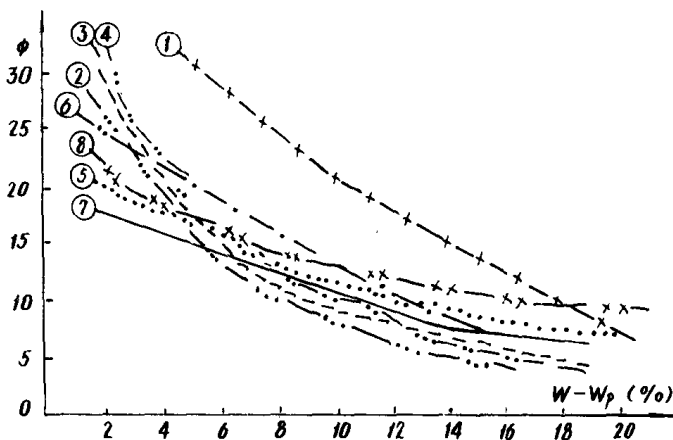


图 1 土的内摩擦角 ϕ 与同步含水量 $W-W_p$ 的关系

1. 龙街层; 2. 膨胀土; 3. 滇池土; 4. 大海哨页岩; 5. 镇雄煤系土; 6. 中生代红层; 7. 凝灰岩泥化土; 8. 普通粘土。

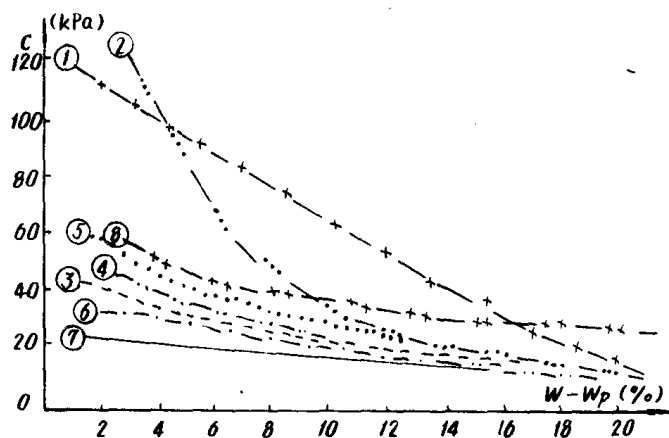


图 2 土的粘着力 c 与同步含水量 $W-W_p$ 的关系(注解同图 1)

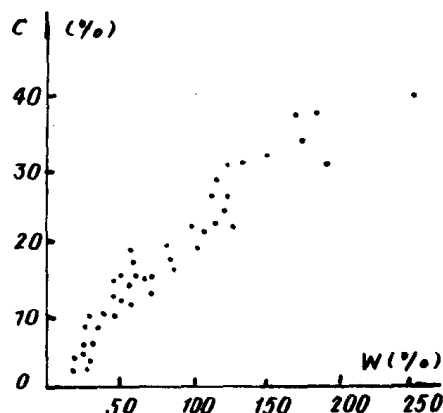


图 3 有机质含量(C)与天然含水量(W)的关系散点图

土,其天然含水量高者可达 200%以上,其中主要原因是有机质含量过高。笔者对滇池边有机质粘土中的有机质含量(C)与相应天然含水量(W)的变化关系曾进行过分析,其结果如图 3 所示。

从图 3 中可以看出,有机质含量与天然含水量是成比例变化的。如图中有有机质达 30%,其相应的天然含水量可达 150%。由于天然含水量的剧烈增加,土的抗剪强度迅速衰减。

(四)富含易溶盐的龙街层和昔格达层,在干燥状态下,强度高于普通土,饱水后,盐类被水溶解,并为孔隙水所代替,促使土体软化,强度骤减。故从图 1 及图 2 中可看出,当同步含水量超过 20%时,其抗剪强度急剧衰减,低于普通土。

三、水文气象(降雨量)与滑坡的关系

(一)降雨量(Q)与滑坡位移量(S)的关系

降雨量的大小,是影响滑坡活动的主要外因。因此,滑坡的活动多在雨季。降雨对滑坡起三个作用,一是饱水后抗剪强度衰减;二是促使土的容重增大;三是地下水对土体产生浮力和孔隙水压力。最后造成土体失稳,或加速滑坡活动。

云南省以礼河电厂苏家坪滑坡,有 23 年的动态观测历史。本文采用其观测资料,对年降雨量(Q)与年位移量(S)的变化关系进行了分析,将分析结果绘于图 4。从图中可以看出,滑坡位移(S)与降雨(Q)大体呈指数函数关系,即随降雨量的增加,位移量成指数倍的增大。如 1976 年降雨量仅 298mm,滑坡累计位移不足 10mm。但 1968 年降雨量高达 1270mm,滑坡相应位移量高达 160mm。这就说明滑坡的活动严格受降雨控制。图 4 中, S 与 Q 的关系大体为: $S=8.75 \times 10^{-5} \times Q^2$ 。

降雨量的增加实质上也是滑坡地层含水量的增大,含水量增加,促使抗剪强度降低,从而造成滑坡位移量增大。因而图 4 与图 1 颇有一致性,曲线互成反向。

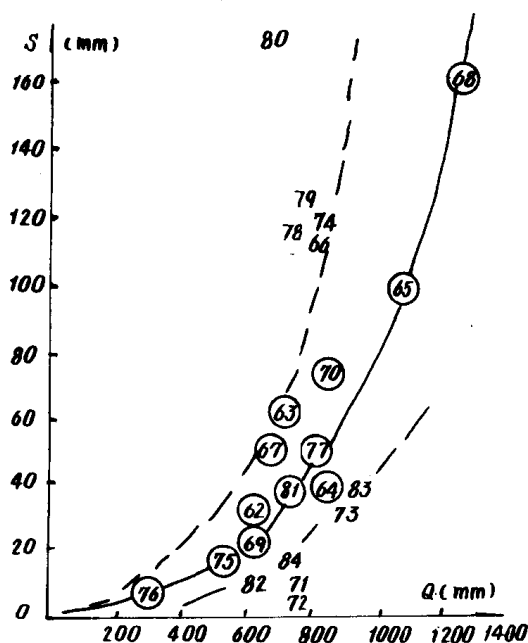


图 4 苏家坪滑坡位移(S)与降雨量(Q)的关系

$$S = 8.75 \times 10^{-5} \times Q^2$$

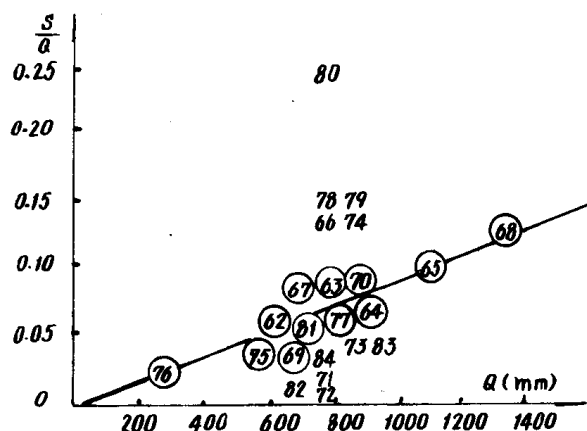


图 5 苏家坪滑坡位移当量($\frac{S}{Q}$)与降雨量(Q)的关系

$$\frac{S}{Q} = 8.75 \times 10^{-5} \times Q$$

(二) 滑坡位移当量($\frac{S}{Q}$)与降雨量(Q)的关系

1. 滑坡动态变化是一个很复杂的过程,除降雨影响之外,尚有人为活动、地震因素等影响。图 4 中许多点远离曲线,说明除了降雨之外,还另有其他因素影响,但在曲线上,难以分得很清。为了将各种因素都能分得较清,有必要把曲线变成直线。即将曲线方程 $S=8.75 \times 10^{-5} \times Q^2$,两端各除以 Q ,即得: $\frac{S}{Q}=8.75 \times 10^{-5} \times Q$ (直线函数)。

2. 把图 4 中的曲线变为直线后,如图 5。从图 5 中可以看出,凡是在直线附近的点(带圈者)可视为降雨量单一影响。远离直线的点(无圈),可视为多因素影响结果。例如 1971 年、1972 年、1973 年、1982 年、1983 年、1984 年都远离直线在下方,其原因是人工整治局部地面的结果。促使滑坡位移相对减小。远离直线在上方的点将在地质构造部分叙述。

四、地质构造与滑坡的关系

绝大多数的滑坡都与地质构造有密切的关系。断层活动可以形成滑坡,滑坡的动态严格受断层控制。而断层活动往往是通过地震来实现的。所以说断层的活动(地震)对滑坡起着机械破碎和天然动力作用。下边就地震对滑坡的影响谈谈自己的看法。

(一) 近强震

1970 年云南通海 7.8 级地震,发震断层沿北西向曲江断裂带分布。在极震区曲江左岸俞家河坎马家营村发生地震滑坡,把马家营村向南东方向推移达两百余米。1974 年云南昭通北大关 7.1 级地震,极震区蒿子坝大滑坡将山下数幢房屋掩埋。说明地震会造成巨大的滑坡和滑坡群。

(二) 远强震

1970 年通海地震,震中距昆明航空距离最近为 110km。在昆明市西山区碧鸡关山脚下公路边坡因地震局部坍塌,地层为风化破碎的玄武岩和中生代红层。碧鸡关铁道兵的施工房屋土坯墙严重开裂,局部坍塌成洞。其原因是碧鸡关正处于南北向普渡河大断裂带上。详见图 6。而且普渡河断裂带与北西向曲江发震断层相连接。故昆明碧鸡关既是地震的敏感区又是震害异常区。

1966 年东川 6.5 级地震震中在新村一带。1974 年昭通北大关 7.1 级地震,震中在木杆公社双河镇一带,这两次大地震对以礼河电厂苏家坪滑坡有明显的影响。详见图 4。苏家坪位于巧家与会泽两县之间,居于小江大断裂带附近,从其地质构造环境看,同昆明碧鸡关是极为相似的。

(三) 地震群(3~5.6 级)

1978 年 3~4 级地震共 11 次,震中在昭通、东川一带。1979 年 3~4.4 级地震 23 次震中在巧家一带。1980 年 3~5.6 级地震共 78 次,震中在巧家、东川、西昌一带。以上地震群,对苏家坪滑坡都产生了明显的影响。详见图 4。从图 4 中可以看出,地震年分的点远居直线的上方。

图 4 还反应出滑坡活动盛衰的历史过程,如 1966 年东川大地震,1965 年至 1968 年降雨量大;滑坡活动加剧,地面遭严重破坏,从 1970 年开始整治地表,加强地面排水,促使 1971 年、1972 年、1973 年滑坡活动减弱。1974 年大关大地震,1978 年~1980 年周围地震群影响,滑坡活动又加剧,使地面又遭受破坏,从 1981 年始又整治地表,故从 1982 年~1984 年滑坡活动又减弱。