

滑坡文集

(第七集)



中国铁道出版社

滑 坡 文 集

(第 七 集)

滑坡文集编委会 主编

中 国 铁 道 出 版 社

1990年·北京

内 容 简 介

本文集选稿25篇,主要包括:葡萄园、铁西等大型滑坡的性质分析和整治措施,抗滑桩与明洞相结合、预应力锚索桩等新的抗滑结构的设计与施工;新滩、白灰厂等滑坡的变形机制及现场测试技术;滑坡空间预报方法等。

这些内容反映了我国近期在滑坡防治工程和监测方面的新进展,可资交流推广应用。

本文集可供工程地质研究及土建工程设计参考。

滑 坡 文 集

(第七集)

*

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 1/32 印张: 13.5 字数: 335 千

1990年7月 第1版 第1次印刷

印数: 1—4,500册

ISBN7-113-00775-9/TU·182 定价: 7.10元

《滑坡文集》 第八集主要内容预告

1. 西南地区和膨胀土地区滑坡变形机制和防治中的经验教训；
2. 锚索抗滑桩桩身与滑坡共同作用的计算；
3. 鄂西山区、黄河流域等地区滑坡区域性发育规律研究；
4. 遥感技术、水平钻机和电阻应变测试工艺在滑坡勘测中的应用及改进等。

这些内容反映了我国近期在滑坡防治工程、滑坡测试工艺和滑坡区域性发育规律研究方面的新进展。可供从事这方面工作者借鉴、应用。

滑坡文集编委会

主任委员 李 嘉 副主任委员：徐邦栋
委 员：居恢扬 刘祥海 唐永富 王少东
陈自生 孟英喆 车石轩 吴大复
潘传爵 施以仁 晏同珍 刘光代
王恭先 马 骥 程鸿寿
常务编委：刘光代
秘 书：张永生

目 录

一、滑坡勘测及防治经验

1. 陇海铁路葡萄园滑坡群的性质和整治的研究 徐邦栋(1)
2. 铁西滑坡发生发展规律与整治工程 胡余道(10)
3. 京广复线南岭隧道出口滑坡的整治 周守先(20)
4. 抗滑桩明洞的施工 王胜勋 徐宝贤(27)
5. 预应力锚索抗滑桩设计与施工 王化卿等(34)
6. 防治滑坡的工程措施 车石轩(42)
7. 宝成线略阳至广元段水害抢建中滑坡勘测设计总结 卢质彬(49)
8. 日本的滑坡防治技术 王恭先(63)

二、滑坡测试与分析研究

9. 白灰厂滑坡的特征及其稳定性评价 姚宝魁 孙玉科(70)
10. 从襄渝铁路花楼坝滑坡稳定性评价中获得的几项启示 李跃方(77)
11. 悬臂式刚架抗滑桩试验研究 闵顺南 袁建国(80)
12. 抗滑桩模型试验第二阶段报告——滑体为粘性土时桩前滑体抗力的分布 徐良德 尹道成 刘惠明(92)
13. 陇海线葡萄园滑坡群的形成及其稳定性评价 徐峻岭(100)
14. 半成岩地层中的高速滑坡实例 卢鑫楦(108)
15. 青东地区半成岩地层中的滑坡分布特征及滑面机制初探 黄大廷(114)
16. 边坡稳定的正交分析 周曙生(121)
17. 以礼河电厂苏家坪滑坡凝灰岩泥化土(滑带土)残余强度的试验与探讨 徐英辉(128)
18. 阳安线K157+800滑坡工点膨胀土的工程性质 陈月波 徐凤华(134)
19. 南京城市建设中滑坡问题的初步研究 褚桂棠(141)
20. 栖霞山石龙庙滑坡的研究 施 斌(152)

三、滑坡预测预报方法的研究

21. 汉江河谷安康段滑坡分布规律及空间预测 晏同珍 白晓辉 殷坤龙 王家强(156)
22. 滑坡预测与环境工程地质分区研究 居恢扬 顾仁杰(167)
23. 滑坡的临滑预报及其实现途径 陈自生(175)

四、外文摘译

24. 伦敦粘土的现场残余强度和它同室内量测值、特别是环剪试验值的关系 (原作者: E·N·布罗姆黑德, N·迪克松) 马原生译(181)
25. 滑坡地区的隧道及地质调查 (原作者: 樱井 孝) 高占平译(184)
- 附: 滑坡文集第一集~第六集目录 (188)

PROCEEDINGS OF LANDSLIDES

Volume Seven

Contents

I. The Experience of Surveying, Designing and Controlling Landslide

1. The characteristics and treating measures of landslide group in Putaoyuan Station, Longhai railway line Xu Bangdong
2. The occurrence and developing law of Tiexi landslide and its control engineering Hu Yudao
3. The treatment of landslide at the outlet of Nanling tunnel along Beijing-Guangzhou multiple track Zhou Shouxian
4. The construction of anti-sliding open tunnel
..... Wang Shengxun, Xu Baoxian
5. The design and construction of anti-sliding pile of prestressed anchor cable Wang Huaqin et al.
6. The engineering measures for controlling landslide
..... Che Shixuan
7. The review of landslide investigation and design during the water-disaster recovering on the section from Lueyang to Guangyuan, Baocheng railway line Lu Zhibin
8. The technique on controlling landslide in Japan
..... Wang Gongxian

II. The Methods of Measuring Landslide and Analyzing Research

9. The characteristics of Baihueichang slope and its stability evaluation Yao Baokui, Sun Yuke
10. A few lectures from evaluation of the stability of Hualouba landslide along Xiangyu railway Li Yuefang
11. The test and research of anti-sliding pile of cantilever and rigid frame Min Shunnan, Yuan Jianguo
12. The second stage report on the model test of anti-sliding pile-resistance distribution in the slide mass of clayey soil in front of anti-sliding pile
Xu Liangde Yin Daocheng and Liu Huiming

13. Formation and stability evaluation of putaoyuan landslide group
along Longhai railway Xu Junling
14. Examples of high speed landslide in the poorly consolidated rocks
..... Lu Zhongyou
15. Preliminary study of landslide distribution and sliding-surface
mechanism in poorly consolidated rocks in the east part
of Qinghai province Huang Dating
16. Orthogonal analysis about the stability of slope
..... Zhou Susheng
17. The test and research of the residual shearing strength of tuff
argillous soil(slip-band soil) of Sujiaping landslide in Yili River
Hydropower Station..... Xu Yinghui
18. The engineering properties of expansive soil of landslide on
K157+800, Yangan railway..... Chen Yuebo, Xu Fenghua
19. Preliminary research of landslide problems in Nanjing
..... Chu Guitang
20. The research of Shilongmiao landslide in Xixia Mountain
..... Shi Bin

III. Study on the methods of Predicting Landslide

21. Distribution and spatial prognosis of landslide in Ankang section
of Han River valley Yan Tongzhen, Bai Xiaohui
Yin Kunlong, Wang Jiaqiang
22. Landslide prognosis and study of enviromental engineering
geologic zonation..... Ju Huiyang, Gu Renjie
23. Landslide prognosis of sliding critical state and its predicting
methods Chen Zisheng

IV. Translation

24. The field residual strength of London clay and its correlation
with laboratory measurements, especially ring shear tests
(E.N.Bromhead and N.Dixon).....
Translator : Ma Yuansheng
25. Tunnel through landslide region and tunnel geological survey
(日) 櫻井 孝
Translator: Gao Zhanping
26. Landslide photographs.....
- Appendix: Proceeding of Landslides Contents (No. 1 — 6)

陇海铁路葡萄园滑坡群的性质和 整治的研究

徐 邦 栋

(铁道部科学研究院西北研究所)

提 要

为根除宝天铁路上这一危害四十年、长1.3 km的巨大而复杂的山体病害,供决策绕线方案用,对其性质和整治的可行性进行了深入而彻底的研究。它是一发育在近1亿立方米的多级错落基础上的破碎片岩滑坡群。研究工作以地质地貌工作为主,采用了多种勘探、调查、测绘、观测、测试和监测试验手段,弄清了当地地层岩性、岩体结构、地质构造与水文地质情况,求得多年来该滑坡群中每一滑坡的发生条件和滑动原因以及滑坡分条、分块、分层和滑动性质等多种因素,并从历次整治失败的教训中总结对策。本文系一从科学研究中总结和论证滑坡规律和各种整治措施的综合性的论文。

一、概 况

该滑坡群位于陇海铁路宝鸡至天水之间的葡萄园车站西1.5 km处、渭河北岸的宽缓山坡之上。沿铁路线延伸1.3 km(铁路里程K1362+520至K1363+780)。北自大理岩陡壁的后缘,南至渭河岸边,横宽超过1.1 km,后缘陡壁高最大140 m,走向NW50°与渭河平行,壁顶海拔1350 m;前缘渭河河床海拔980 m,床中有一埋藏阶地标高970 m。这一宽达1.1 km、高差230 m、长1.3 km的阶梯状山坡,系由中泥盆系破碎片岩、大理岩岩组组成,顶部堆积了巨厚的洪积黄土;岩层向山倾,属由北向南逆推于海西期灰白色花岗岩 γ_4 之上的逆断层上盘。在这一地质环境下,岩性软弱,断层破碎带中地下水发育,坡体又向南(向渭河岸)突出,渭河在此自NW50°~60°直冲而来,受阻后再折向对岸由燕山期侵入的块状花岗岩 γ_6 组成的陡岸边流走;所以,在这一坡体上发育了古老的错落群和由错落转化的滑坡群,具有典型的地质地貌条件和地下水、河水冲刷动力作用及受水面积宽广等条件。

该滑坡体以K1363+293自然沟为界划分为东西两大块错体,体积共约1亿立方米。

(一) 东块为本文研究的重点地段

东块由K1362+855及K1363+100两自然沟由东而西将之分为三条。横向具三级大错台,分别离渭河岸边约1100 m, 500 m和300 m。错体的顶层为巨厚的黄土,下伏破碎片岩及大理岩,位于渭河古、今河道的顶冲地段。其前级错体(堡子至渭河间)早已转化为老滑坡群,至今仍在活动。堡子后有一环形的洼地,并发育成冲沟,为该滑坡群的后界。在洼地以南的分离体上曾发生过多块、多层和多级的滑动,即文中所指的1*、2*、4*和3*、8*以及5*滑坡所在。由东而西:

1. 1*老滑坡位于铁路里程K1362+520至+650间,西与2*滑坡以突出隆起的间脊山包

为界，为东段最东的一条单独滑体。它是由片岩及黄土组成的老错滑堆积体沿老滑面（ γ_4 花岗岩和洪积黄土的顶面）的滑动。1985年9月17日在雨季中滑落，滑落时将下方路堤沿老地面推走，滑体逾28万立方米。

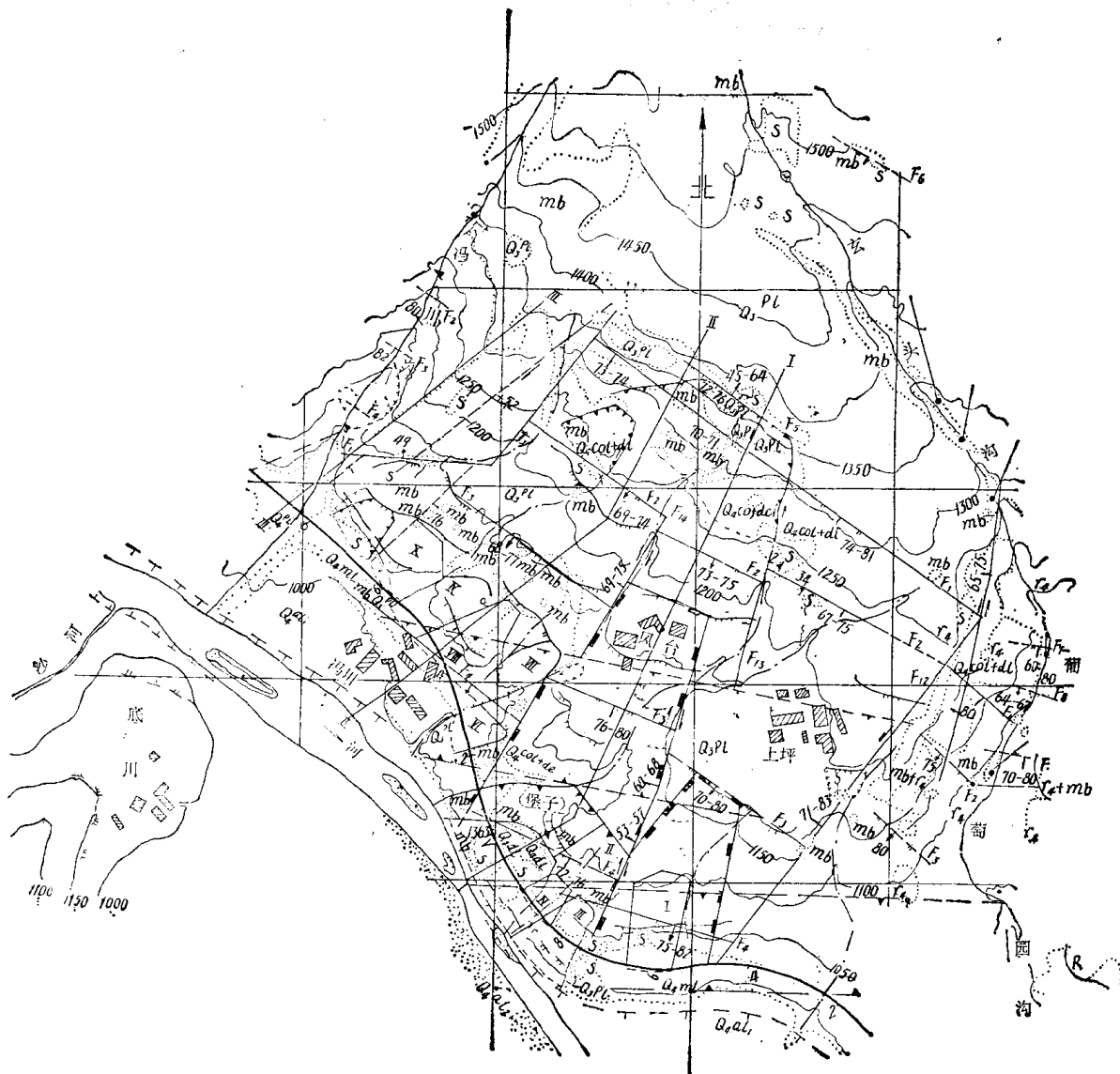


图 1-1

2. 2*、4*和3*、8*滑坡系一互相关连的老滑坡群，位于铁路里程K1362+720至K1363+080间，分后、中、前三级（或上、中、下三层）。它们以K1362+855冲沟为界，分东、西两条：

（1）东条的后级（或上层）为3*滑坡，位于中级滑坡的后部，因对中级滑坡减重削弱了其支撑引起复活，目前在单独活动中。东条的中级（或中层）及前级（或下层）称2*滑坡；其中层出口在铁路面附近，因滑带已向下发展，原修的路堑抗滑挡墙已遭破坏，墙及墙前侧沟上的裂缝每届雨季仍有发展，整座挡墙在向外缓慢移动。铁路平台外的前级滑坡稳定性尚好，但在坡上弃土中已新生两边坡滑坡，其后缘已发展至路边，它与前级滑坡在受推下松弛和滑体外泄水的作用有关。

(2) 西条称4*滑坡, 为本文研究重点。它具后、中、前三级(或上、中、下三层), 目前中、前两级已发展成一体, 几乎每年雨季后都有缓慢的移动; 后级滑动量虽不大, 但十余年来从未停止过。在4*滑体上各级平台中的浆砌水沟经常开裂, 就是证据。

(3) 8*滑坡位于2*与4*滑坡边缘相互交叉地带, 铁路里程约K1362+800~K1362+910。由于该处基岩 γ_4 花岗岩突出, 风化破碎极其严重, 岩面较陡, 地下水发育, 上覆残堆积物经常变形, 目前已单独形成一滑坡。其后缘已接近3*滑坡在冲沟中的出口, 东至2*滑坡中级出口路堑挡墙的东段, 西止于桥西的小冲沟, 前缘在路肩墙基础下冲沟中隆起处。桥与墙已建十余年, 其缓慢活动从未停止过。

3. 铁路里程K1363+100至+293两自然沟间的一块山包本是一老滑体, 其核心由破碎大理岩组成, 抗冲刷能力强些, 目前尚稳定。但在其东西两侧顶部堆积的黄土层均在活动。东侧常发生小型黄土坍塌现象, 堆于K1363+150的自然沟中; 西侧自K1363+210至+350间(包括+293桥的东桥台)经常滑动, 东桥台已移动近0.8m, 称5*滑坡地段。5*滑坡目前已远离渭河, 故其滑动仅与修路时切割了老滑坡的前部及后山地下水的作用有关。

(二) 西块错体

西块具两级大错台, 呈陡坡外貌。自然沟K1363+550将它切成东西两条, 6*滑坡群在沟东, 7*在沟西, 同位于前级古老错滑体上。前后级错体的分界壁离铁路中心约300m, 走向NW50°, 倾向渭河倾角大于45°, 基本由大理岩组成; 壁高约60m, 顶面堆积了少量黄土。界壁后山为后级错体, 呈稳定外貌; 上部黄土巨厚, 台面具1:2缓坡, 宽约80m, 至由大理岩组成的大错壁。

前级错体的前部系由揉皱极其严重、已糜棱化的破碎片岩组成, 为断层破碎带产物, 属老滑坡群。

1. 1984及1985年在东条山坡上, 距铁路约100m的陡坎下曾出现后缘环状裂缝, 它反映6*滑坡区的三个前部前级滑坡已复活。其地面坡平均为1:2, 高出路面约80m, 出口在铁路面附近。由于滑动, 已将前缘坡面上砌筑的路堑浆砌护坡挤坏, 最近对护坡曾重新翻建但又被挤裂。此段路基于秋季经常翻浆, 可以看见出口。不过, 其前缘系一厚达30m, 极其宽广的二级黄土阶地, 所以6*滑坡只能活动在该阶地之上。

2. 西条山坡上的7*滑坡群, 滑体密实, 坡面平顺, 呈稳定外貌; 从1985年设置的地面倾斜盘看, 变动微小, 也证实它当前处于稳定状态。即使条件变化, 促使活动, 也只能如6*滑坡一样, 活动于二级阶地之上。

(三) 原线整治可行的几点认识

该滑坡群自宝天铁路修建以来已三十余年, 虽然多次治理, 终因性质复杂, 规模巨大, 未摸清地质条件和病情前, 没有彻底根治。现经1984至1986年三年工作, 提出原线整治可行的结论, 其主要认识如下:

1. 重点地段为2*、4*及3*、8*滑坡。十年前我们曾经在此勘测过, 由于当时在4*滑坡中修建了一垂直山坡的探洞(长400m), 已产生了疏干排水作用。现发现4*滑坡的稳定度有所增加, 十多年前所勘探的滑层软塑状态, 此次重复勘探其含水量已降低, 接近塑限, 且滑带不清晰了。它既说明地下水对滑坡的作用, 也反映排水疏干可阻止滑动。同样, 近数年所见4*滑坡岸边防淘脚墙的变形, 除向渭河有倾倒状外, 尚有受滑坡分段推挤产生纵向剪断推出的迹象, 这也证实了来自上方的地下水的促使滑动作用; 如仅仅防护渭河冲刷, 不足以阻止滑坡。

2. 在2*及4*滑坡的前缘,老滑坡的出口并不单纯在脚墙顶,其最深点以河床下大约10m的埋藏阶地为度,它与当地渭河局部冲刷深10至13m是一致的,在落实了防淘和抗滑的稳定持力层的前提下,提出的整治措施和造价可靠。

3. 此次查清了错体位于渭河大断裂内,证实了促使各滑坡的新生与复活的条件和原因之一是后山断层向滑坡供水的长久作用;从本滑坡群的发展历程认识到,在此多级、多层和多块滑坡群上,铁路挖方、多次减重削坡和对前级滑坡的后部减重虽防止了大坍,但同样也削弱了后级滑坡的前部支撑,导致中、后级滑坡复活,使病害扩大。另外,削坡也使得滑体处于松弛状态,增大了表水的渗透量,加快了滑坡发展。渭河对岸边的冲刷,目前也只是对2*及4*滑坡产生作用,整治时,要逐个滑坡区别对待。为此,对错体分割的格局进行了详查,从中掌握到已转化的各滑坡均在东、西两错体的前级错块内,对当前活动的体积和今后可能发展的规律有了认识,据之拟出的整治对策是:不宜大量削坡,应以增强前部的支撑为主;同时考虑到当地的山体和河床系由松软岩土组成,为保持整个山坡地质地形大断面的平衡,要求“对渭河防护时不再侵占河床,”可防止河岸摆动和侵蚀基准面下降。这一对策来自对以前教训的认识,它可以保证此次整治,不致再扩大病害。

(四) 具体整治措施内容

在具体滑坡区别对待的原则下,不采取绕线避开时,对原线各滑坡可采取如下整治措施:

1. K1362+520至+650的1*滑坡,在提出措施时滑坡尚未滑下,拟在山边建一排钢筋混凝土抗滑桩支撑,再在桩前建一条盲沟排地下水以防止路堤滑动作为主要措施;另在滑体内外做地表排水系统。85年9月滑坡在未处理时滑落,实滑断面、范围与原勘探一致。目前只能是在把残留滑体清除后,做好地面排水以切断地下水沿老滑面对路堤底的补给。

2. 2*及4*滑坡沿渭河岸边,对埋藏阶地以上组成老滑舌的滩地用钻孔桩排防护,或采用沉井挡墙防淘。对滩地及洪水位以下的河岸采用浆砌片石护坡防冲。

3. 由于K1362+720至+850的2*滑坡目前仅中级滑坡在路面附近错出,破坏了路堑抗滑挡墙,所以拟在墙前建一排钢筋混凝土抗滑桩,并在墙后修一条排滑带地下水的盲沟,阻止滑带继续向下发展。同时对铁路沿河一侧弃土的两边坡滑坡,进行监视,待其坍塌后,再修边坡支撑、盲沟疏排土中水,防止老土继续坍塌。

4. 位于2*滑坡上方的3*滑坡已经活动,在其出口以上修筑一排钢筋混凝土抗滑桩。除做好地面排水系统外,将来根据需要,再考虑是否采用垂直坡面的盲洞,疏排滑体及后山断层中的地下水。

5. 位于K1362+800~+910的8*滑坡,沿路肩挡墙前修筑一排钢筋混凝土抗滑桩,防止桥、墙外移和滑带向下发展,并阻止4*滑坡东段的中层滑坡形成出口。

6. 对K1362+855至K1363+136间的4*滑坡,在岸边脚墙后建一排钢筋混凝土抗滑桩,防止滑坡自埋藏阶地标高的高层滑出,并阻止滑坡自脚墙顶以上剪出。为此,桩顶需高出地面并回填一段大块石,用之平衡滑体,阻止它自半坡滑出。为了减少滑坡推力,对后级滑坡的上部在堡子附近可进行适当的减重,同时也防止后级滑坡的复活。在做好地表排水系统后,需要时再采用水平钻孔或盲洞对后山断层带的地下水加强排泄和疏通。

7. 对K1363+210至+310间的5*滑坡,因仍在微动,除沿路堤内侧修筑一排钢筋混凝土抗滑桩外,并在桩后建一条盲沟截排滑带地下水。滑坡后缘也要做好地表排水沟。

8. 对K1363+294大沟,沟中及沟岸虽坍塌及边坡滑坡发育,但铁路系为一孔20.9m高桥通过,尚有一定净空可应付泥石流。目前应在全山植树并做好地表排水工作,可限制泥石

流的发展。

9. K1363+330至+564间6*滑坡的两段,非但堑坡上浆砌护坡一再挤裂,山坡之后缘裂缝也已出现贯通,为此,拟在铁路内侧修筑一排钢筋混凝土抗滑桩。为了减少滑坡推力,后部可适当减重,其减重范围应注意到不引起后级错体的变形。其次是加强滑坡体内外的地表排水,并采用顺铁路向的盲沟截排地下水,防止基床翻浆冒泥。

10. 由于K1363+564至+698间7*滑坡至今尚稳定,观测也无变形迹象,故除加强地表排水和继续观测外,暂不处理。

二、该类型滑坡在性质上具有的一些规律

(一) 滑坡群生成和发展在地质环境上反映的规律

从区域地质环境看,该滑坡群位于秦岭东西褶皱带之北部、衔接祁连山-贺兰山-吕梁山“山”字形构造脊柱端部稍西的前弧地段,在陇西顺时针旋扭作用范围以内,渭河大断裂带中。这些只说明了当地山体曾先后受到上述多次构造作用,对生成当前的外貌形态和当前水系分布密切相关。在这一总的地质环境中,每一地段可以是陡峻的山岩,也可以是具阶梯状曾经多次变形而生成的缓坡坡体。之所以成为滑坡群生成和发展的环境,与具体的软弱岩性分布、构造格局和谷坡演变的地貌发育过程有关。另外,也可从地貌特点推求出滑坡群的形成和发展过程。该滑坡群反映的规律分析于后:

1. 从渭河两岸地貌形态不对称看,北岸具滑坡群生成和发展的典型地质环境。

(1) 滑坡群生成和发展于破碎岩土组成的缓山坡上

如前述,南岸是由侏罗系块状 γ_2 花岗岩体组成的稳定陡峭岩坡,而北岸滑坡群所在的坡体为破碎片岩类大理岩组成的阶梯状缓坡,上覆巨厚的黄土层。从组成两岸的不同地层分析,其间必然存在大断裂。北岸系断层面上盘由软弱岩土组成,此为生成不稳定坡体的主因。按地貌形态追寻,查清了宽逾200m的东西向隐伏大断裂(于堡子后,经6*滑坡的前部,向前过渭河,直达南岸的码头一线)之后,才弄清位于由北向南逆推在 γ_4 花岗岩之上的逆断层面上盘,整个坡体已遭大理岩或硬片岩与软片岩间的帚状逆断层破坏,所以片岩才如此破碎,呈糜棱状。

(2) 错落过的坡体具阶梯状下陷

整个北岸,在离渭河岸边约1.1km处高达百数十米的大理岩错壁至渭河槽间的坡体,具阶梯状下陷。顺山坡走向(NW50°)看大体上东有三大错台、西具两大错台,但实际小错台很多,其中较大的(由大理岩组成)坎壁有四个,彼此基本平行,一般向河倾达60~70°,将坡体分为四大级。西块中最外坎壁以外的岩体,早被渭河冲走形成阶地。东块的1*滑坡外也具此外貌。同时横切山坡的自然大沟(除东界葡萄园沟和西界冯川沟外)计有三条(均切割较深,切过黄土层而入破碎片岩内),各沟大体平行向SW25°流水。从这些阶梯状外貌看,后两级台面基本平整,故判断它是较稳定的古错体。而前两级中除堡子附近为一独立平台外,其余均属斜坡,直达渭河岸边或一级阶地上,故判断前两级为具错落转化的滑坡外貌。特别在堡子后有一洼地与冲沟,它与后山隔断,此反映是典型的老滑坡溺残迹。其次坡体中除风台两侧大沟外,各自然沟均发育在上述下陷具阶梯状坡体之内,并未切开后缘大理岩陡墙。所以后缘140m高的岩壁可能是在河床下切过程中产生的错壁,但也必然在原张性构造的基础上继续发展生成。

经地质调查、测绘和勘探等手段证实了这一古错落和老滑坡群。以上便是从地貌特点上对该滑坡群生成、发展与地质环境关系的分析之一。

2. 坡体上台坎和水系的分布,反映了当地构造格局呈多块体分割状,巨厚大理岩下伏破碎片岩的岩体结构类型,具有生成错落的环境。

如前述,此段坡体具四级台坎,受三条自然大沟分割,由于坎壁间自然沟间大致平行,反映了它们与当地后期的构造应力场间的关系。在地貌上所见坡体分块的启示下,运用地质力学原理,进行大量调查,并采用物探等手段证实了“坡体上台坎和水系分布常与构造格局一致”这一规律。走向与渭河平行($NW50^{\circ}\sim60^{\circ}$)的四个坎壁,基本上是沿当地第三次应力场中弯张性的正断层,或第四次顺时针旋回的一对力偶派生的压扭性构造裂面生成,而三条自然大沟(走向 $NE20^{\circ}\sim25^{\circ}$)大体上沿第四次旋回主应力方向派生的张扭性断裂发育。正因为四周分割面彼此平行,坡体基本错下呈平行分割的多块体状,后期的重力错落,应在此构造格局下发育。邻近渭河的临空错块变成长条状起伏不平时,具此种地貌形态的地段即已转化为滑坡。随后的勘探、调查包括对水文地质条件的勘查,只是在这一分析启示下证实了滑坡群中各个滑坡的分布。以上是从岩体构造格局上对该滑坡群生成、发展与地质环境关系的分析之二。

3. 高陡坡体下伏软弱岩土为垫层时具生成错落的条件。

当地岩体结构属硬、软间层且层面倾向山里。上部硬岩为块状大理岩,厚达百数十米(最厚140m),覆在已遭构造破坏呈糜棱化的片岩之上。这种“层面向山倾、具松软垫层”的岩体结构是生成错落的典型条件。由于断层向片岩供水,当顺坡压性构造带受水浸湿时,易形成滑坡。以上是从特定的岩体结构类型上对该滑坡群生成、发展与地质环境关系的分析之三。

4. 由松软岩土组成的高大山坡,滑坡群各级滑坡的生成与阶地面有密切关联。

在风台村以南至堡子一带,根据地质测绘及勘探了解,黄土堆积下破碎岩石的顶面呈向山里反倾状。其反倾角大于上部洪积黄土中古土壤层。分析此种地质结构,不难判断岩石错落或滑动在先、黄土堆积在后,在黄土堆积之后又产生过一定的错动与滑动。同样,在邻近渭河的古错体或滑体上,由于在后期堆积了巨厚层的黄土和渭河的不断下切,曾造成多次和多级的滑动。因此,各条块体上生成了后、中、前(或上、中、下)三级(或三层)老滑坡,各层滑坡的出口又与相应的阶地面相当,经勘查也已证实。以上是从地质结构上对该滑坡群生成、发展与地质环境关系的分析之四。

(二) 滑坡群的滑动在动力条件的动态上所反映的规律

1. 渭河旁蚀和下切是该滑坡群不断发育和扩大的主因。

由于下切,造成侧向卸荷并增加临空高度,加陡地下水坡度,导致新的深层滑坡,形成,使滑坡范围扩大。由于旁蚀削去滑坡前部的抗滑能力,滑坡便产生大滑动以求得平衡。此段坡体中的前级古错体,即是因此在渭河作用的变动下转化为滑坡,造成的多层多次滑动。在此启示下经过勘查,已证实上、中、下三层滑坡的出口大体与阶地标高1040m、1015m和970m相当。滑坡产生的次序是先上层后下层,故地貌上只残留各级滑坡的弧状后壁,缺少每级滑坡的垅状前缘。特别970m标高为埋藏阶地,低于现河床,它说明下层老滑坡发生时河床处在埋藏阶地的标高,现又淤积10余米。此系渭河下切、旁蚀动态变化作用与该滑坡群的发育、滑动间的关系。

2. 洪水冲刷下,前缘滑带的变化将使滑动性质产生变化。

目前渭河河床漫滩阶地的标高为985m, 4*现代滑坡的出口一段的滑面, 因脱离老滑床(埋藏阶地)向上发展, 系新生反倾滑带。由于滑面抗滑段呈曲面弧状, 目前限于缓慢滑动阶段。一旦洪水期冲走埋藏阶地以上的老滑舌使出口降低, 抗滑段向下倾, 可能转化为快速滑动。此为渭河冲淘作用及滑坡群抗滑地段的滑面变化与滑动性质间的关系。

3. 修路时切坡, 曾引起中层滑坡复活。由于中层、下层滑坡的复活, 不断削坡, 反而促成上层滑坡复活。

宝天铁路修建时虽对此段坡体开挖量不大, 但因坡体系松散的老滑体, 在失却支撑时更松弛, 雨季中受表水浸湿后易坍塌。限于当时水平, 未以挡墙代替失去的支撑作用, 单纯削坡以求斜坡稳定, 虽避免了边坡坍塌, 但因削弱抗滑能力过多, 导致中层滑坡复活。此时仍然未顾及上层滑坡, 对2*及4*滑坡仍采用削坡和对中层滑坡减重, 但因削弱了上层滑坡的前部抗滑能力, 又促成上层滑坡复活。虽然避免了大坍塌, 但造成更大规模的滑体复活, 使病害治理失败, 危害更加扩大。此为该滑坡群的滑动与不断削坡作用间的关系。

4. 削坡使滑体松弛也易产生边坡坍塌和边坡滑坡。

滑动过的土体本来就松散, 加上削坡侧向卸荷更加松弛, 强度降低, 在雨季中地表更易于渗透浸湿。在组成斜坡岩土不均匀情况下(如2*及4*滑坡), 铁路上、下之边坡上不断出现边坡滑坡群, 易于坍塌, 也使大滑坡前部支撑力减弱。此为削坡作用与该滑坡群产生边坡滑坡、坍塌以及降低整体稳定性间的相互关系。

5. 坡体中地下水分布的变化, 特别是滑带水动态与该滑坡群滑动有直接关系。

当前渭河已切入逆断层下盘 γ_4 花岗岩中。因断层带系倾向山里, 位于上盘的破碎片岩松弛, 在断层靠山一带形成一储水盆地, 只有在储水满溢盆地之后, 盆地地下水始可补给向渭河倾斜的 γ_4 花岗岩顶面一侧, 促使堆积于基岩以上的老滑坡复活。这就是在丰水年的后期, 该滑坡群中1*、3*和4*上层滑坡以及6*滑坡有较大活动的原因。在此分析基础上, 采用电探手段证实并探明了这一储水构造和过湿带分布。此即该坡体中总的地下水动态与该滑坡群滑动间的关系。

6. 上层滞水及土中水的变化与局部滑动有密切关系。

老滑(或错)带基本上依附于片岩组中一组向河倾 24° 左右的压性构造面。受挤后呈泥土状的软片岩呈连续分布, 具有相对隔水性, 常在滞水下发育成滑带。受后方裂隙水和雨季中地面水下渗补给等不均匀影响, 在坡体上沿上、中、下三层老滑带的带状出口一线, 易生成成排的许多边坡滑坡和坍塌。每届雨季(特别在第一次透雨之后)由于局部水文地质条件的恶化, 在该滑坡群中1*、2*、8*、5*滑坡以及4*、6*滑坡的前部斜坡上, 常出现浅层滑坡局部滑动迹象。此为壤中水、暂时性雨季下渗的动态与该滑坡群滑动的关系。

7. 春融对4*下滑坡的作用。

濒临渭河岸边的坡体, 如4*下滑坡, 在枯水位以下的岸滩为滑至埋藏阶地上的老滑舌, 因其密实, 相对隔水。在当前河床上升阶段, 因受地下水作用, 滑坡前部新生的滑带常向上发展, 并呈曲面反倾。春融季节, 因河水的浮力作用和整个滑带在水气循环下湿化, 所以该4*下滑坡经常活动, 并将前部浆砌片石护坡和水下脚墙推裂、裂纹呈云朵状。它使滑体的前部经常处于松弛状态, 大洪水期水易毁护岸, 为大滑动创造条件。此系滑带受水气变化和坡脚因水浮力变动与该滑坡群滑动的关系。

(三) 滑坡群滑动在滑带岩土风化上反映的规律

1. 滑带土受风化生成次生矿物者, 易因性质改变导致强度衰减引起滑动。

该滑坡群中,组成各个滑坡主滑带的岩石多是遭构造作用挤压破碎的石英片岩、呈糜棱化的绿泥片岩、云母片岩以及已炭化(或石墨化)的灰岩等。在以软片岩为主组成的滑带中,石英粒及硬颗粒被片状矿物包裹。在长期滑动研磨下片状颗粒更细,经长期浸水逐渐风化成次生矿物,如绿泥、云母粘土和黑粘泥等。这些矿物因物性的改变强度骤降,在本次研究中,这一现象已为矿物分析、镜下鉴定、电子扫描和强度试验证实。该滑坡因年年蠕滑,滑带强度不断衰减,逐年降低,可以推断它至一定年代后会转变成大滑动。此为滑带岩土因风化导致岩性改变与该滑坡群滑动的关系之一。

2. 滑床或滑带土具水化性者在雨季中易于滑动。

覆盖于洪积黄土及 γ_4 花岗岩残积土上的老滑坡堆积体(如1*滑坡),由于黄土粘粒含量高, γ_4 花岗岩残积土基本呈粉细砂状,且含许多高岭土和云母,两者在干燥时强度高,持水越多强度越低。这就是在雨季中具有这两类滑带的滑坡易滑动的原因。此即具水化性的滑带土受水后强度降低与该滑坡群滑动的关系之二。

三、对该滑坡群一些论断的依据

(一) “该滑坡群系发育在古老错落基础上,在重点地段的总体稳定度比十多年前已增大”的论据

1. 如前述,自大理岩大陡壁至渭河间的凹陷可能在构造期已形成雏形。后期是按四级三条的岩体构造格局下错,其前级错体早已转化为滑坡。对岩体结构和构造格局,我们用三条物探大断面已证实了各级和各条断裂带在坡体上的部位及各级错落带的分布。特别是上过湿带与上层滑坡的滑带一致,证明由后山断层带向其供水;中过湿带隐约可辨,注意到各中层滑坡的活动性互不一致,这两种现象是相当的;下过湿带沿基岩顶面发育,它与下层滑坡滑带的部位接近。在雨季中各个边坡滑坡的活动范围与浅层过湿带的分布一致。同样,从工程地质及水文地质条件方面,也反映了该处为一巨厚的黄土层和大理岩层,重压于巨厚层呈碎石状的破碎片岩岩组上,系一重压下具软垫层的、易产生典型错落的结构类型。同时,破碎片岩岩组组成的坡体,受断层裂隙水和地面水下渗的作用,生成的过湿带巨厚、不均且经常变动,所以它产生了多层、多条、多块和多级的滑坡群。此种种现象足以证明该滑坡群是在古老错落体上发育生成的。

2. 十余年前,我们曾在此勘探过。在重点地段4*滑坡区的上、中两层滑坡范围内,当时各钻孔岩心普遍潮湿。此次勘探,在该范围内含水程度减弱,老滑带部分也无以往清晰。这与当时自路面标高处开挖了一条垂直山坡的深洞(长400余米)进行疏干有关。这一范围内坡体的稳定度增大及观测和电探结果,也证实了这一点。

4*下滑坡由于深层移动,由堆积岩土组成的中层滑带,也因断裂而破坏了其隔水性,导致中层与下层滑坡合成一体,中层滑带疏干消失也属可能。位移观测也证实了中、下层滑坡移动速度一样,无中层滑带出口现象,两者一致。不过,作用于前级滑坡的推力也因之增大了。

在2*及8*滑坡中,中层滑坡虽变形较大,但从对建筑物上裂缝贴片观测结果看,目前变动量已较十多年前为小,有总稳定度增大的迹象。不过,雨水稍多的1984及1985两年,在2*至4*滑坡的铁路下方斜坡上,曾出现了成排的边坡滑坡,反映出局部的稳定度也有减少。

(二) “对重点地段的2*及4*滑坡之河床必须防冲。在防护时,不宜再多侵占河床,保持现地貌状态下河床至山坡的稳定平衡”的论据

1. 最近三年对该段河岸在洪水和枯水期的水流情况调查,因岸边有一没水滩地,故在任何水位时虽为冲刷一岸,但深泓线则在离岸边20~30m以外。在枯水期可见呈垅状。现经勘探在卵砾石层下系一密实的、由破碎片岩碎石土组成掩盖于埋藏阶地(标高970m)黄土层之上的老滑坡舌。正因为这一挤密的滑舌存在,使4*下滑坡的前部新生滑带呈曲面状反倾,自脚墙顶(标高985m)一带挤出,未造成大动。但滩地在逐年冲刷下已逐渐缩小、降低。以当前冲刷速度看,不久将因侵蚀至一定程度,下层滑坡势必沿老滑面(埋藏阶地面)突然复活,可牵引中层及上层滑坡同时滑下,所以要对滩地进行防护。

2. 从勘探后的河床地质分析,渭河河床的卵砾石巨厚,粒径小,极易刷深,目前此段局部冲刷深度达10~13m。此段坡体在历史过程之所以不断滑动,一方面由于受渭河冲刷失却支撑,另一方面也因组成滑体的岩土系以片岩碎块土为主,经受不了水流的冲刷和搬运。所以山坡滑动不能终止。同样理由,如滑体侵占河床过多且冲不走时,在此软弱河床中,水流将偏移河心淘底,使临空面深度增大。组成坡体的物质又如此破碎,易因地下水位线下降使滑带向深部发展,扩大滑动范围。为此,防护必须从不造成河流下切出发,不应再多占河床。否则,对渭河河床需做大面积护底工程,非独工程浩大,且施工困难,也非必要如此劳民伤财。

(三) “不断削坡虽已防止了大量坍塌,但也引起了中及后级滑坡的复活”和“各个滑坡的滑动与当地雨雪水和后山地下水的补给有直接关连”的论据

1. 由于切坡,使下伏的破碎片岩暴露面增大,在大气和雨雪水的作用下风化松弛,稍陡的边坡产生坍塌。限于当时水平,未用挡墙减少暴露面以恢复支撑,而是一再削缓边坡,虽已防止了大坍塌,但因削弱老滑坡前部的抗滑能力,已引起中及后级滑坡逐次复活。

2. 该段坡体位于渭河大断裂带内,从卫星照片上反映,断带宽达1公里多。在4*滑体中400余米深洞中也遇到了隐伏断层和大量的裂隙水。时至今日已十年了,该深洞仍出水,足已证明后山断层对坡体的供水。同样,1*、2*、5*及6*滑坡在铁路路面上、下所见多年来的地下水呈带状渗出的现象也未变,2*、4*及5*滑坡,于一级阶地面上、下的水泉湿地也是终年外渗,历久不衰的。

其次,每年雨季特别在第一场透雨之后,1*、5*滑坡的后缘和2*、4*、8*滑坡的斜坡上常出现变形,系雨水对各滑坡产生的作用。如此等等,都是后山断层供水的明证。

铁西滑坡发生发展规律与整治工程

胡 余 道

(铁道部第二勘测设计院)

提 要

本文根据大量地质资料,分析了铁西滑坡的地质条件、诱发因素和滑坡机制。确定其力学性质为整体推动式的岩质滑坡。

从滑坡发生发展全过程看,可分为蠕动挤压、速滑和压密稳定等三个阶段。对滑坡稳定性作了定性、定量分析和评价。采用了改瓦底沟、清方减载、增建双线明洞及棚洞等三项主体工程整治滑坡,效果良好。对研究大型滑坡发生发展规律、防治和预测预报滑坡,有一定参考价值。

一、概 况

(一) 滑坡灾害

铁西滑坡位于成昆铁路铁西站内,于1980年7月3日15时30分发生滑坡。当时天空晴朗,人们听到闷雷似的隆隆声,看到山坡上方出现一道白色烟雾,大量滑体从长120m、高40~50m的采石场边坡下部剪出,剪出口高出宽50~70m的采石场坪台和铁路路基面10m左右,滑坡填满采石场的采空区后,继续向前运动,掩埋铁路涵洞、路基,堵塞铁西双线隧道进口,摧毁洞口附近的扳道房和看守房。堆积在路基面上的滑体厚度达14m、越过铁路外25~30m,掩埋铁路长160m,中断行车40天,造成严重经济损失。为恢复成昆铁路正常运营,在滑坡前缘兴建便线与两端正线相接,维持临时通车。铁西滑坡的地质情况如图2-1所示。

(二) 滑坡规模

铁西滑坡发生在古滑坡内,新顺层滑壁系沿古顺层滑壁下滑,形成高约70m的顺层滑壁光面。滑坡后缘高程为1860m,前缘高程为1620m,剪出口高程约为1630m,前后缘相对高差240m,后缘与剪出口高差约230m。滑坡主轴长445m,宽260m,滑体厚30~60m,滑坡体积约220万立方米。滑坡主轴剖面如图2-2。

二、环境地质特征

(一) 地形

铁西滑坡地处四川省越西县凉山山区牛日河左岸谷坡上,谷底或古滑坡前缘高程为1575m,该处山头或古滑坡顶部高程为1910m,相对高差335m。自然横坡 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。滑坡南侧以瓦底沟为界,北侧沿近东西向的垂直节理面形成,前缘延伸到铁路外平台上。滑坡上部开阔