

SHANQUGAOSUGONGLUHUAPOYU

GAOBIANPOBINGHAIFANGZHIJISHUSHIJIAN

山区高速公路滑坡

与

高边坡病害防治 技术实践

► 章勇武 马惠民 编著



人民交通出版社
China Communications Press

U418.5/1

2007

SHANQUGAOSUGONGLUHUAFANG

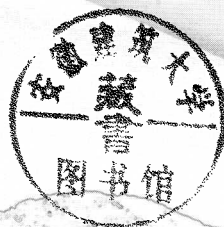
GAOBIANPOBINGHAIFANGZHISHUSHIJIAN

山区高速公路滑坡

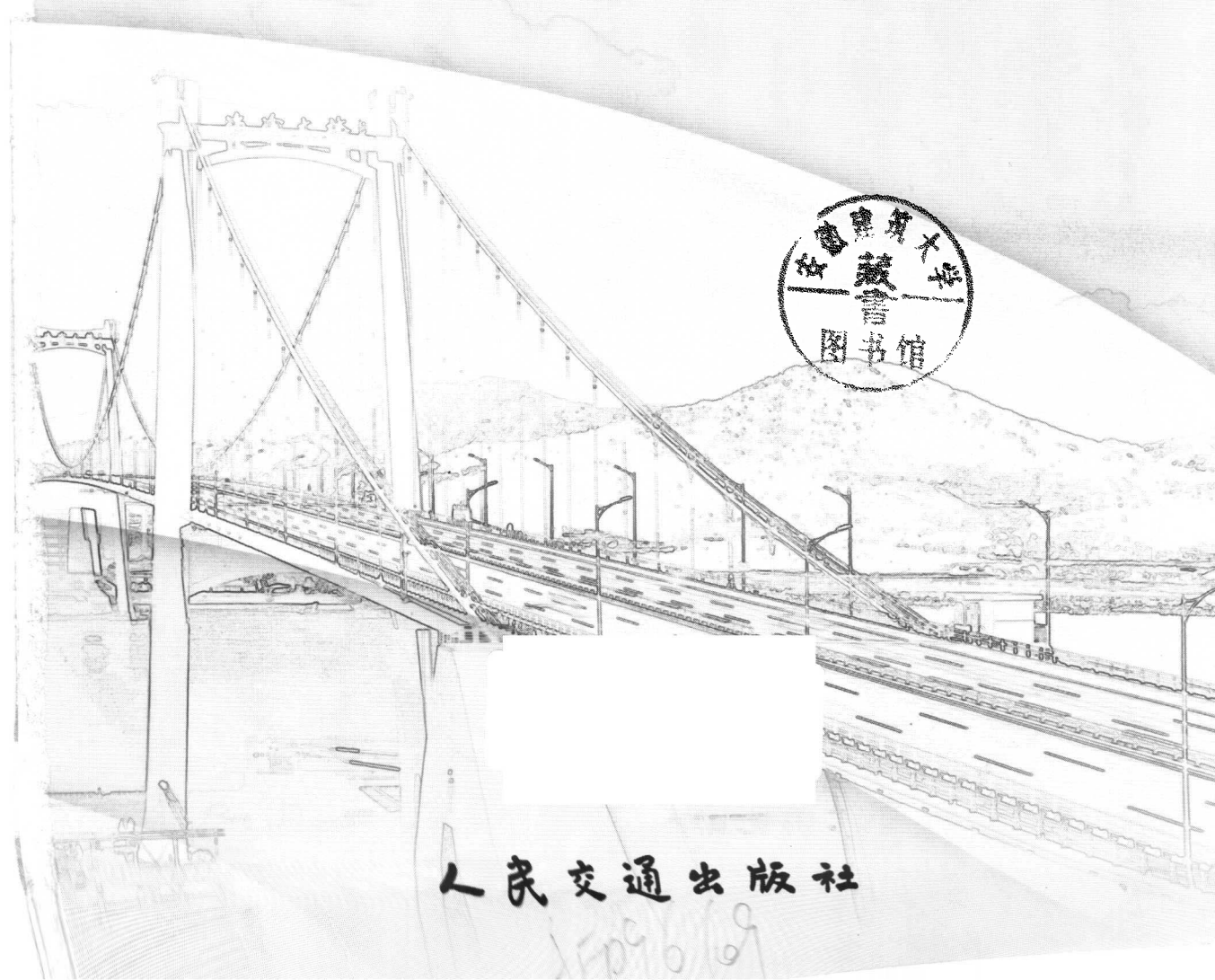
与

高边坡病害防治 技术实践

▶ 章勇武 马惠民 编著



人民交通出版社



内 容 提 要

由于复杂的地形地质条件,滑坡与高边坡工程始终是山区铁路和公路建设中一个重大工程地质问题。本书结合近年来山区公路建设中的研究和工程实践,在介绍滑坡与边坡变形破坏机理、稳定性分析评价方法、监测和防治技术等诸多方面取得的主要成果和经验的基础上,以万梁高速公路建设中出现的70余处高边坡病害治理工程为依托,开展了沿线大型滑坡和高边坡病害发生发展机理及防治技术研究。以高边坡病害类型和分布规律、大型滑坡和高边坡病害发生发展机理、滑坡和高边坡治理工程措施等为主要研究内容,利用先进的勘察、设计、施工、室内外试验以及理论分析等手段,研究高边坡病害产生的地质条件、坡体结构特征和变形破坏类型,形成了以坡体结构特征预测滑坡和高边坡病害的发生发展机理与治理工程设计为核心的成套理论和工程技术。

本书由重庆高速公路发展有限公司、中铁西北科学研究院和西南交通大学岩土工程研究所联合编写,内容全面、系统地展示了滑坡和高边坡病害的发生发展机理与治理工程设计的成套理论和工程技术的研究成果,适合公路、铁路、水利等专业领域工程技术人员和管理人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

山区高速公路滑坡与高边坡病害防治技术实践 / 章勇武, 马惠民编著. —北京: 人民交通出版社, 2007.10
ISBN 978-7-114-06706-8

I. 山… II. ①章…②马… III. ①山区-高速公路-滑坡-防治②山区-高速公路-边坡-病害-防治 IV. U418.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 110154 号

书 名: 山区高速公路滑坡与高边坡病害防治技术实践
著 者: 章勇武 马惠民
责任编辑: 陈志敏
出版发行: 人民交通出版社
地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号
网 址: <http://www.ccpres.com.cn>
销售电话: (010) 85285838, 85285995
总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京宝莲鸿图科技有限公司
开 本: 787×1092 1/16
印 张: 27.5
字 数: 680 千
版 次: 2007 年 10 月第 1 版
印 次: 2007 年 10 月第 1 次印刷
书 号: ISBN 978-7-114-06706-8
印 数: 0001-2500 册
定 价: 60.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

万梁高速公路 滑坡与高边坡病害防治工程掠影

万梁高速公路全长67.2km，沿线地形、地质条件十分复杂，山高坡陡、沟壑纵横，高填、深挖、高桥、长隧相连。针对沿线地质病害的复杂性、频发性和病害类型的多样性，通过系统研究高边坡病害产生的地质条件、坡体结构特征和变形破坏类型，形成了以坡体结构特征预测滑坡和高边坡病害发生发展机理的方法，利用“减、锚、挡、固、疏”等综合手段的治理工程技术，成功治理了万梁高速公路建设中发生的55处滑坡和高边坡病害，其中包括被专家誉为“国内高速公路滑坡治理最成功的项目之一”的张家坪大型堆积层滑坡。



↑ 通车后的万梁高速公路
→ 特大桥跨越甘宁水库



施工中的K46滑坡
 分级开挖、分级稳定治理大荒田滑坡
 疏挡结合治理后的张家坪滑坡





↑ 桩—锚结构治理金竹林隧道出口滑坡

← 悬臂抗滑桩治理金竹林隧道进口高路堤滑坡

↓ 预应力锚索框架加固跳蹬子大桥平端路堤滑坡





↑ 预应力锚索框架加固 K49+800 高填方路堤

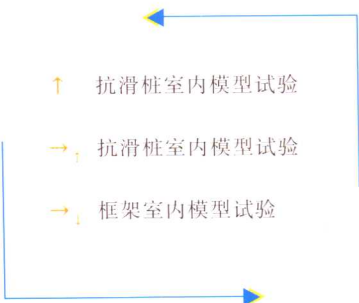
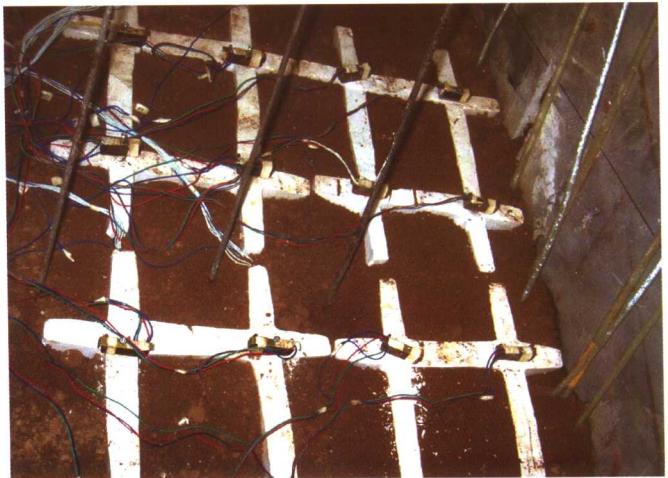
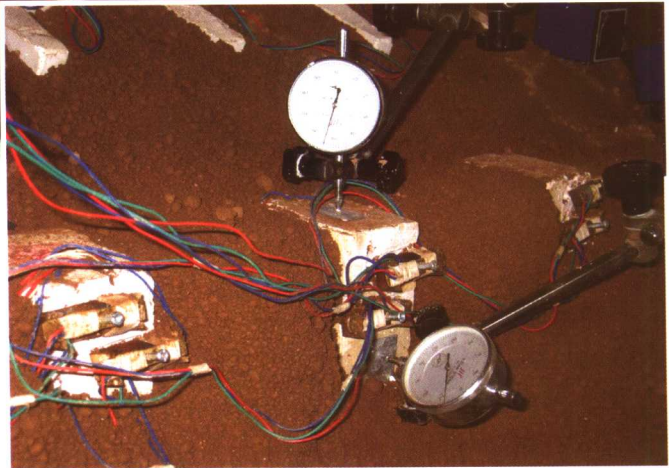
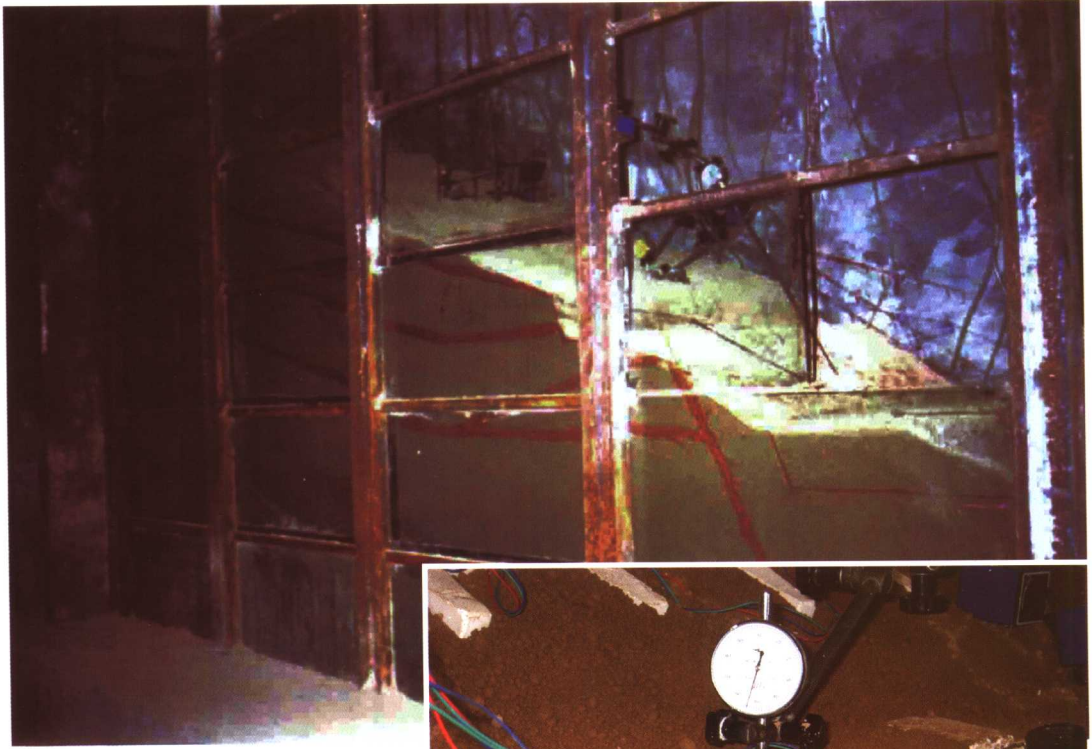
↓ 锚索地梁与仰斜排水相结合治理 K4 滑坡





↑ 锚索框架加固菜梯子大桥万州端软基高路堤
↓ 注浆和锚索框架结合治理分水中学路堤滑坡

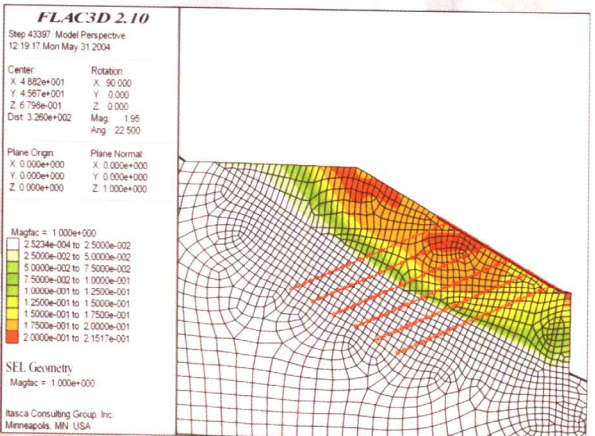
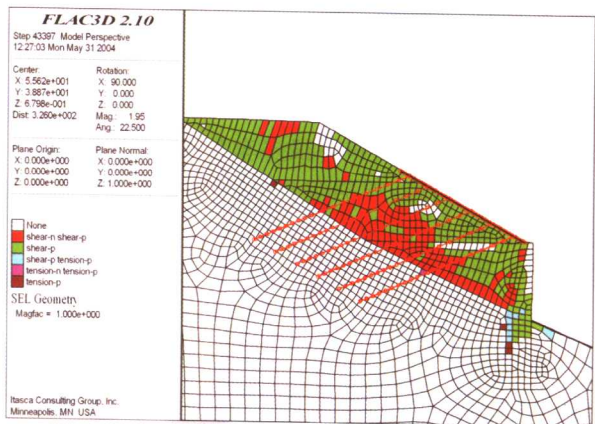






↑ 现场安装测试元件

↓ 现场测试



↑ 课题成果鉴定会

→ K50 滑坡增加支挡结构后的计算结果

- a 位移等值线
- b 塑性区

山区高速公路 滑坡与高边坡病害防治技术实践

★ 编辑委员会

主任委员：彭健康

副主任委员：张太雄 章勇武 李祖伟 徐 谋 马惠民

★ 编写人员

主 编：章勇武 马惠民

副主编：杜国平 杜小平 张红利 李 丹

顾 问：王恭先 周德培

编写人员：杜国平 杜小平 马惠民 张红利 张忠平

侯殿英 宋响军 张志强 张俊德 周德培

孙书伟 金培杰 罗 杰 曾德云 黄龙显

胡礼忠 刘 亮 李晓军

■ 作者简介



章勇武 男, 1968年8月出生, 分别于1990年7月、1993年7月在重庆大学资源开发及环境保护工程学院采矿工程系获得工学学士和硕士学位, 2006年1月获同济大学管理科学与工程博士學位。现为重庆市交通委员会副主任, 教授级高级工程师, 交通部新世纪十百千人才工程第一层次人才, 国务院政府特殊津贴专家, 中国公路工程评标专家, 中国公路学会环境与可持续发展分会理事。

多年来一直从事高速公路建设管理工作, 先后担任业主代表、副处长、副指挥长, 参与或分管渝长高速公路、长涪高速公路、涪陵长江大桥、万县长江大桥及万县长江大桥引道工程的工程技术和管理工作。特别是在担任重庆渝东高速公路有限公司董事长、总经理期间, 主持万州到梁平、梁平到长寿等两条利用日元贷款的高速公路的建设工作, 在招投标管理制度、国际间金融交易、工程管理制度、科技创新等方面都有所突破, 尤其是招投标制度和日元保值方面, 交通部和财政部已经在全国推广相关经验。

近年来先后主持、参与或管理科研课题近30项, 取得的成果及时应用于工程建设中, 取得了巨大的社会效益。先后在包括国家核心期刊在内的有关刊物及学术交流会上发表论文20余篇, 共获各级各类奖项10余项, 其中1项获全国交通系统优秀科技成果一等奖, 3项获国家教育部科技进步二等奖, 为国家节约建设资金达数亿元。



马惠民 男, 1963年6月出生, 1985年毕业于西南交通大学铁道工程地质专业, 20余年来, 一直在铁道部科学研究院西北分院(现中铁西北科学研究院)工作, 历任助理研究员、副研究员、研究员、博士生导师, 院副总工程师、副院长等。

长期从事西部山区铁路、公路沿线地质灾害防治工程的研究、勘察设计、咨询工作, 主持和参与地质灾害治理项目近100项, 其中10余项为重大、复杂地质灾害防治工程, 4项分获铁道部科技进步二等奖、甘肃省优秀勘察设计二等奖, 主编《山区高速公路高边坡病害防治实例》一书。2001年获第五届詹天佑人才奖, 2002年获第四届甘肃省青年地质科技奖。

兼任中国科协咨询中心滑坡防治技术专家委员会副主任委员、甘肃省科技专家委员会地质灾害防治委员会专家, 注册岩土工程师, 注册咨询工程师。

近年来在主持西部山区公路建设中的重庆万梁、巫丰、丰云等高速公路, 安徽铜黄高速公路、贵州三凯高速公路, 以及青海公路沿线的滑坡与高边坡病害防治工程中, 利用所研究的新技术、新方法, 节约了工程成本, 特别是创造性提出了按高边坡坡体结构特征预测灾害以及评价灾害危害程度的地质力学的方法, 并运用于工程实践, 产生了较大的社会效益。



序 一

万梁高速公路地质病害的复杂性、频发性和病害类型的多样性对建设工期、竣工后的安全运营和工程投资造成重大影响。建设单位联合科研机构、生产企业、高校组成攻关小组,紧密结合工程实际,针对沿线高边坡和大型滑坡发生发展机理及防治技术进行了深入系统地研究,取得了富有特色、符合工程实际的一系列成果,并及时应用于病害治理工程中,成效显著。工程竣工通车后,特别是2004年重庆出现200年一遇的大暴雨期间,无一处边坡发生变形,充分证明了治理工程措施的正确性和成功性,为复杂山区基础设施建设提供了成功经验。

本书作者以此为基础并借鉴其他经验,组织编写《山区高速公路滑坡与高边坡病害防治技术实践》一书,全面系统地介绍了万梁高速公路沿线滑坡和高边坡病害类型和分布规律、大型滑坡和高边坡病害发生发展机理及其治理工程措施等,本书具有以下特点:

(1) 总结出了“调查分析评估、工程地质分类、坡体结构划分、破坏模式预测、重点病害勘察、工程方案优化、科学施工保证、加强动态监测、地质全程跟踪”适合于滑坡和高边坡病害防治的一套完整、科学、系统的工作方法。

(2) 根据万梁高速公路沿线岩土体的工程地质特征,在总结11种高边坡坡体结构及其失稳破坏模式的基础上,系统研究了11种边坡的失稳破坏机理,提出了基于坡体结构、变形破坏模式和强度折减法确定潜在滑带和稳定系数的方法。

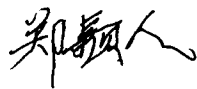
(3) 基于“强腰固脚”原理和“绿色通道”建设理念,提出了“支挡加固、排水疏干、坡面绿化防护”优化组合的高边坡病害防治技术,并对顺层岩石边坡开挖高度与失稳长度、桩锚结构的合理锚固角的选取方法以及作用于框架(地梁)上的土压力和预应力锚索地梁(框架)的内力进行了有益的探索,为治理工程预加固设计提供了科学的依据。

(4) 提出了一整套适合于复杂山区路堑高边坡工程建设的科学管理体系。

(5) 在防治工程措施方面,结合滑坡和高边坡病害性质将当前国内外较常用的支挡结构类型有机结合,用于多层多级顺层岩石高边坡防护工程,同时对整体受力体系、工作原理、力学模式等进行了深入探讨,工程效果明显。

因而,本书的内容有很大的实用性,在当前山区公路建设大发展时期,本书的出版对于本领域的科研、生产和工程技术人员将是一本很有价值的参考文献。

中国工程院院士



二〇〇七年四月

序 二

由重庆市高速公路发展有限公司、中铁西北科学研究院和西南交通大学岩土工程研究所共同完成,章勇武和马惠民主编的《山区高速公路滑坡与高边坡病害防治技术实践》一书即将与读者见面,本人有幸首先阅读,受益匪浅,这本书的出版是岩土工程界的一件喜事。

随着我国经济的飞速发展和西部开发战略的实施,高速公路建设迅速发展。在山区高速公路建设中由于地形地质条件复杂,发生了众多滑坡和高边坡变形,延误工期,增加投资,甚至造成灾害,这已成为十分严重的工程地质问题之一,引起各级领导和工程技术人员的重视。

重庆市万州至梁平高速公路全长 67.2km,通过地形地质条件十分复杂的山区,高填、深挖、高桥、长隧相连。全线边坡数量 117 个,其中高度大于 30m 的有 56 个,由于前期地质工作不足,施工开挖后发生了数十处滑坡和高边坡变形,如张家坪滑坡长约 1 000m,体积近 1 000 万立方米,有的岩石顺层滑坡逐级牵引,滑动范围扩大到 200 余米,情况十分严重。重庆市高速公路发展有限公司渝东分公司高度重视,科学管理,引进有较强实力和经验的中铁西北科学研究院和西南交通大学技术人员,实行“三结合”,加强地质工作,使病害治理建立在科学的基础上,在勘察设计施工的同时,开展了“万梁高速公路沿线高边坡和大型滑坡发生发展机理和防治技术研究”,基于该线基础地质条件、坡体结构和坡体变形模式及岩体工程地质力学调查分析原理,深刻揭示了不同地质类型坡体的变形机理,提出了一套快速评价边坡与滑坡稳定性与发展趋势的方法,制定了经济有效的防治方案和工程措施,特别是“预加固”措施防止了病害的发展,保证了通车工期,用 2.6 亿元治理了 70 个滑坡和高边坡。自 2003 年通车以来,经历 2004 年重庆地区 200 年一遇的特大暴雨袭击,无一处边坡和滑坡发生新的变形,保证了高速公路的畅通。总结这一成功经验,对其他山区公路、铁路等建设和管理有借鉴意义。

本书的特点和可借鉴之处主要有:

(1)强调了加强前期地质工作的重要性。若加强了选线过程的地质工作,有些大的病害是可以避免的。

(2)提出了一套科学快速勘察评判滑坡与高边坡病害的方法,即“调查分析评估、工程地质分类、坡体结构划分、破坏模式预测、重点病害勘察、工程方案优化、科学施工保证、加强动态监测、地质全程跟踪”,这也是该线病害成功治理的经验总结。

(3)在工程实践中进行科学研究。生产、科研、教学三结合,不仅使科研成果及时应用于设

计,使设计更科学、更经济,而且使科研成果和工程效果得到了验证。

(4)科学管理是病害治理成功的关键。在整个病害治理过程中,不仅十分重视地质基础工作,加强科研和监测,治理方案经多次专家论证,而且严格施工管理,科学施工,既防止了因施工不当引起病害扩大,也节约了投资,保证了工期。

王恭先

二〇〇七年二月



前言

万(县)—梁(平)高速公路是国家“九五”交通重点建设工程之一,是交通部规划的“两纵两横”国道主干线上海至成都最后接通的一段快速“黄金”通道,是实现西部大开发的重要交通动脉,是连接三峡库区的主干线,是重庆市委市政府“8小时重庆”和“八大民心”重点工程之一。万梁高速公路建设对加快重庆交通主骨架网的建成、东西联动步伐、库区移民开发及社会发展起着重要的桥梁和推动作用。该段工程于2000年2月16日正式开工建设,2003年12月底实现全线通车。

本段高速公路起点位于万州龙宝镇青杠磅,终止于梁平县城南白衣寺,路线全长67.2km,途经万县复式向斜,穿越铁峰山倒转背斜,沿黄泥塘背斜北东翼蜿蜒西行。由于该段公路地处渝东地区,崇山峻岭、陡峭险峻、沟壑纵横的恶劣自然环境,形成高填深挖、高墩长隧、高边坡、大滑坡、桥隧群等高精度工程,科技含量高、施工难度大。全线穿山越谷,桥隧相连,形成“隧—桥—隧、桥—隧—桥”的线型奇观。主要工程量有:路基挖方 $127.7 \times 10^5 \text{m}^3$,路基填方 $121.9 \times 10^5 \text{m}^3$,路基排水和防护工程圬工 $786\,855 \text{m}^3$,大桥(含特大桥)35座 $9\,200 \text{m}$,中桥16座 $1\,266.99 \text{m}$,隧道15座 $11\,070 \text{m}$;设置涵洞或通道253道;人行天桥或渡槽41座。其地形地质条件之复杂、工程之艰巨、条件之艰难在当时全国在建高速公路建设项目中屈指可数。

在路基工程方面,由于本段路线基本穿越(沿)万县复式向斜核部、铁峰山倒转背斜和黄泥塘背斜的北西翼等三个构造单元,且均由互层状的侏罗系和三叠系砂岩、泥岩和炭质砂、泥岩等组成,加之本地区降雨量大,暴雨集中,地质灾害频繁发生,主要病害类型有近水平层状岩石高边坡、大型堆积层滑坡、顺层岩石高边坡、高路堤边坡等地质路基病害。据统计本段路线路堑高边坡工点较多,67.2km的路线上,高边坡有117处之多,几乎每公里就有2处高边坡,高于30m的有56处,高度在20~30m的有22处,最高达60m;人工堆填的高路堤高于15m的有39处,最高达35m。在117处高边坡中有55处高边坡发育成为滑坡,大型堆积层滑坡16处,顺层岩石高边坡31处,高路堤病害8处。如何尽快结合具体工程对沿线出现的边坡病害进行及时、科学、合理的治理,确保高速公路建设的顺利进行,成为当时该段高速公路建设中遇到的主要问题。

鉴于万梁高速公路地质病害的复杂性、频发性和病害类型的多样性,已对建设工期、竣工后的安全运营和工程投资造成重大影响,由重庆市交通委员会高速公路发展有限公司渝东公司主持,中铁西北科学研究院、西南交通大学岩土工程研究所参加,成立了“万梁高速公路沿线高边坡和大型滑坡发生发展机理及防治技术研究”课题组。该课题研究工作开始于高速公路建设初期,并始终与工程紧密结合,阶段性的成果都及时应用于病害治理工程中,真正做到了科研与生产有机结合,有力地支持和丰富了病害治理工程动态设计、信息化施工的内涵。课题以沿线滑坡和高边坡病害类型和分布规律、大型滑坡和高边坡病害发生发展机理、滑坡和高边坡治理工程措施等为主要研究内容,利用先进的勘察、设计、施工、室内外试验以及理论分析等