

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2018.06.08

某高速公路高边坡变形分析及应急措施建议

闻人霞¹, 李欣¹, 董理金²

(1. 浙江宁波甬台温高速公路有限公司, 浙江 宁波 315040; 2. 浙江省工程勘察院, 浙江 宁波 315012)

摘要: 随着高速公路运营时间的延续, 受当时的经济、技术水平限制, 未采取有效防治措施的众多高边坡, 变形逐渐显现, 严重威胁高速公路的行车安全。采取应急加固措施、查清边坡岩土工程条件和病害原因, 在此基础上提出高边坡病害治理方案并加以实施, 是确保山区高速公路边坡稳定和高速公路运营安全的需要。正是如此, 某高速公路高边坡病害经鼓胀、破损坡面喷射混凝土和边坡平台裂缝灌浆封闭应急处置和“坡体局部加固+坡体排水”治理, 边坡病害得到了有效的控制。

关键词: 高速公路; 高边坡病害; 应急治理

中图分类号: U213.1+58

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2018)06-0053-05

Deformation analysis and emergency management of high highway slopes

WEN Renxia¹, LI Xin¹, DONG Lijin²

(1. Ningbo-Taizhou-Wenzhou Expressway Company Limited, Ningbo, Zhejiang 315040, China;

2. Zhejiang Engineering Prospecting Institute, Ningbo, Zhejiang 315012, China)

Abstract: As the continuation of the expressway operation time, there are a large number of high slopes did not taken effective controlling measures restricted by economic and technical level at that time, the slope instability hazards are gradually exposed, the deformation and destruction of slope is great threaten to traffic safety of the highway. Based on the adopted emergency reinforcement measures, and the geotechnical engineering conditions as well as the cause of slope hazards, the high slope disaster management scheme is proposed and implemented, which is vital to ensure the slope stability and the safety of highway. the proposed high slope disaster management scheme was used to a high slope treatment of a expressway, such as shotcrete was used to protect the damaged slope surface and crack grouting was adopted to cement the cracks of slope platform, combined with the “partial reinforcement of slope body and slope drainage” plan, the slope disaster has been effectively controlled.

Keywords: highway; high slope disaster; emergent treatment

0 引言

随着经济发展, 高速公路的建设也蓬勃发展。高速公路穿越山地丘陵, 不可避免的涉及到山体开挖, 将产生越来越多的高边坡^[1]。如云南元磨高速公路最高边坡达 197 m, 创造了国内路堑开挖高度之最^[2]。且云南、贵州、重庆、四川等地均有报导曾因高边坡变

形破坏导致工程延期, 投资增加, 甚至酿成工程事故^[3]。为此, 学者和技术人员对边坡的变形、稳定性和治理进行了众多研究和实践^[4-8]。

某高速公路所经过区域地层条件复杂, 沿线路堑边坡高度大, 坡度陡, 虽然在公路施工期间进行了防护处治, 取得了较好的效果, 但由于岩土工程问题的复杂性, 经过多年运营, 沿线边坡局部范围内出现了不同程

收稿日期: 2018-03-23; 修订日期: 2018-06-05

第一作者: 闻人霞(1981-), 女, 浙江宁波人, 工程师, 从事公路养护管理科研工作。E-mail: 33664891@qq.com

通讯作者: 董理金(1986-), 男, 浙江台州人, 硕士, 工程师, 主要从事岩土工程工作。E-mail: 191727582@qq.com

度的病害。2016 年 6 月上旬,受持续降雨影响,养护人员日常巡检时发现一处高边坡局部出现坡面变形、护面墙鼓胀破损、边坡平台开裂等现象,且病害发展较快,若边坡一旦变形破坏,将对高速公路车辆通行造成安全隐患,带来巨大的财产损失和严重的社会影响。因此,必须尽快查明边坡的岩土工程条件和病害原因,提出合理的应急治理措施,保证高速公路安全运营和边坡稳定。

1 边坡工程概况

某高速公路路堑边坡,走向东北往西南,长约 375 m,采用浆砌片石护面墙防护措施,坡高约 70 m,分三级放坡,第一级至第三级坡面坡高分别为 12 m、10 m、48 m,坡率分别为 1:0.5、1:0.5、1:0.5~1:0.7;其中第三级坡面相对平顺处,坡率约 1:0.7,部分坡面总体呈上缓下陡形态,最陡处坡率大于 1:0.5。

自 2001 年通车运营后,该边坡病害发育较为频繁,如局部砌护滑落、起鼓、开裂等,历经数年修复治理,全坡面采用主动防护网,及局部预应力锚杆格构梁加固措施。

2016 年 6 月正处于梅雨季节,养护人员在日常巡检时发现边坡有新的病害发生。经现场全面踏勘,病害具体表现为:坡面主动网卡扣出现不同程度锈蚀;约 K1585+315~K1585+325 段第二级护面墙有鼓胀破损现象,该区段第二级平台可见沿边坡走向开裂,裂宽 10~40 mm,延长约 6~8 m,约 K1585+315 处第二级急流槽南侧壁可见明显垂直边坡走向开裂破损;第二级平台南侧发育数条沿边坡走向裂缝,长度 2~20 m,最大裂宽约 5 mm;第三级护面墙约 K1585+300~K1585+320 段有局部鼓胀破损现象,约 K1585+335 处可见渗水现象;坡顶开口线后缘自然地形陡峭,有碎块石及危岩体分布;坡顶后缘多处分布“马刀树”;边坡岩体节理裂隙较发育,多处可见小型的楔形体结构。

2 地质概况

2.1 地形地貌

本边坡场地属构造剥蚀低山丘陵地貌类型。丘陵区域植被较发育,地形起伏大,边坡区场地高程 54~185 m(85 国家高程)。拟建场地边坡区背靠山脊,下临高速,西侧、东侧地势渐缓,直至山间沟谷平原。边坡所在丘陵山体呈近东南—西北走向,山脊线自西北向东南渐低,中间山谷将边坡分为左右两部分,山体自然坡度山脊线一般 35°~55°,坡体上陡下缓。

2.2 地层岩性

根据勘察资料,边坡工程区范围的岩土层特征分述如下:

(1) 土体工程地质特征

边坡区土体主要为残坡积土层和风化松动破碎岩体,自上而下分述如下:

①1 层含碎石粉质黏土:灰黄色,可塑,松散—稍密,厚层状,中低压缩性,角砾径 2~20 mm,含量 20%~30%,碎石径 20~50 mm,含量 10%~15%,偶见块石。分布较普遍。

①2 层含黏性土碎(块)石:黄褐色,中密—密实,稍湿,厚层状,多铁锰质渲染,碎石块主要以全—强风化状为主,碎石粒径一般为 3~20 cm,约占 50%~60%,局部含量达 70%~80%;块石含量 20%~30%;含黏性土 5%~15%,局部含量较高。

①3 层块石:褐灰色,中等风化状,岩质较坚硬,原岩为多屑含角砾凝灰岩,中密,局部分布。

(2) 岩体工程地质特征

岩性及野外特征自上而下依次分述如下:

②1 层全风化多屑角砾凝灰岩:灰黄色,原岩矿物风化蚀变强烈,原岩结构尚可辨,裂隙面覆铁锰质氧化膜,岩芯呈土柱状,手掰易碎。

②2 层强风化多屑角砾凝灰岩:灰黄色,凝灰结构,块状构造,原岩节理裂隙发育,节理面覆铁锰质氧化膜,岩芯呈碎块状为主,碎块径 3~5 cm,锤击声哑易碎。RQD 一般小于 5%。

②3 层中风化多屑角砾凝灰岩:灰色,凝灰结构,块状构造,主要由钾长石、石英等矿物组成,原岩节理裂隙较发育,裂隙面覆铁锰质氧化膜,岩石含角砾,角砾径 5~20 mm,大者达 5 cm,含量为 20%~30%。岩体基本质量等级为 IV 级。

②4 层微风化多屑角砾凝灰岩:灰色,凝灰结构,块状构造,原岩节理裂隙整体不甚发育,局部较发育,裂隙面铁锰质氧化膜少见,偶见方解石膜,岩石含角砾,角砾径 5~20 mm,大者达 5 cm,含量为 20%~30%。岩体基本质量等级为 II~III 级。

③2 层强风化英安玢岩:灰色,原岩矿物多已变色,节理裂隙发育,岩芯极破碎,多呈碎块状,块径为 3~6 cm,裂隙面覆有铁锰质氧化膜,锤击易碎。RQD 一般小于 10%。

③3 层中风化英安玢岩:青灰色,斑状结构,基质为隐晶质,斑晶成分以石英、斜长石为主,粒径为 1~4 mm,少量钾长石及暗色矿物。节理裂隙较发育,裂

隙面多见铁锰质氧化膜,局部岩石已绿帘石化。岩体基本质量等级为 III ~ IV 级。

③4 层微风化英安玢岩:青灰色,斑状结构,基质为隐晶质,斑晶成分以石英、斜长石为主,粒径为 1 ~ 4 mm,少量钾长石及暗色矿物。节理裂隙不甚发育,裂隙面局部覆铁锰质氧化膜,局部裂隙发育有方解石晶体。岩体基本质量等级为 II 级,局部 III ~ IV 级。

2.3 水文地质条件

边坡区地下水类型主要有第四系松散岩类孔隙潜水及基岩裂隙水。

(1) 孔隙潜水

孔隙潜水主要赋存于上部残坡积土层中,渗透性较好,故富水性较差,主要接受雨水的入渗补给,并向下渗入基岩裂隙中或沿坡体向下游渗流排泄。边坡区覆盖层赋存的孔隙潜水,水量不大,但动态变化较大,雨季水位迅速上升,旱季水位下降,甚至无水。

(2) 基岩裂隙水

基岩裂隙水含水介质为早白垩统凝灰岩及英安岩,主要受大气降水和上覆孔隙潜水补给,沿坡脚或坡体公路临空侧渗流排泄。中上部及浅表部岩体节理裂隙微张,有一定的透水性;加上边坡开挖卸荷,卸荷裂隙发育,有利于地表水下渗。中等风化岩体及角砾凝灰岩分布区,节理裂隙相对发育,基岩渗透性相对较强,是基岩裂隙水的主要汇聚区,在角砾凝灰岩和英安玢岩的接触界线附近,常发现有地下水的渗流和细微溶蚀现象,说明两种岩性接触带也是基岩裂隙水渗流排泄的一个主要分界面。

边坡区地下水动态变化很大,水位稳定性差。旱季水位埋深一般在中等风化底部及两种岩性接触带附近。雨季水位迅速上升,形成较大的孔隙裂隙水压力,对边坡稳定不利。

2.4 区域构造

本边坡场地以断裂构造为主,褶皱构造不发育。其构造体系以新华夏系构造为主,构成区内主要构造骨架。这一构造体系由一系列压性或压扭性断裂及挤压带、劈理带构成。伴随断裂带常出现一些平行的山体 and 线性的低洼,有时则形成明显的透镜状山体,显示了压性和压扭性断裂的特征。

受区域内压性或压扭性断裂影响,坡体内节理裂隙较发育,对边坡及周边区域地表露头节理结构面产状进行测量与统计,并绘制岩体节理极点等密图(上半球投影)(图 1)。从图 1 中可以得出,边坡岩体节理发育主要有以下 2 组:① $90^{\circ} \angle 61^{\circ}$ 、② $185^{\circ} \angle 60^{\circ}$ 。

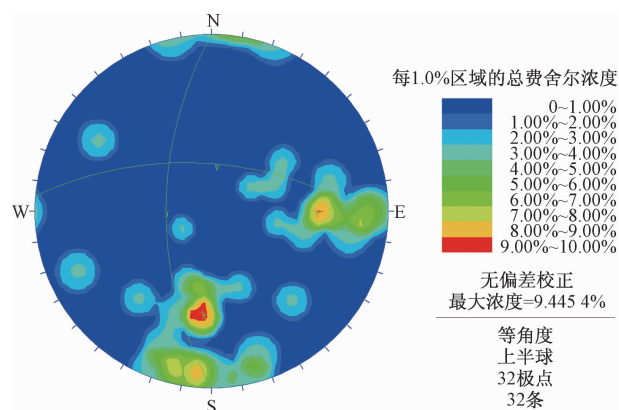


图 1 节理极点等密图

Fig. 1 The pole diagram of joint

3 变形原因分析

根据调查和分析,该病害的形成主要是以下五个因素:

(1) 根据勘察资料显示:受区域内压性或压扭性断裂影响,坡体内节理裂隙较发育,局部岩体质量较差,自稳能力差。

对边坡进行赤平投影分析(图 2)。其边坡坡向 144.7° , 坡度最陡处约 63.4° (坡比 1:0.5)。从图 2 中可知,两组优势结构面交棱线位于不稳定区域内(阴影区域内),相互切割形成不稳定楔形体,边坡岩体结构属于不稳定类型。

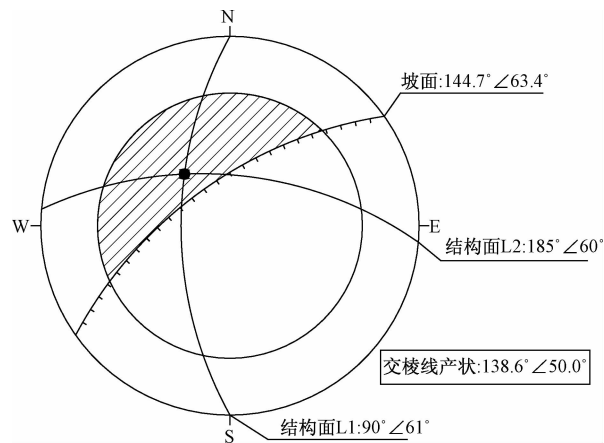


图 2 赤平投影图

Fig. 2 The stereogram

节理裂隙的不利组合导致岩质边坡易产生掉块、崩塌和楔形滑移破坏;边坡中上部残坡积土层及全风化基岩较厚,土质松散,稳定性相对较差,遇水易软化(强度降低),易变形失稳。

(2) 边坡所在丘陵区自然地形较陡,风化剥蚀

作用较强,加上公路建设对山体削坡扰动后,形成高陡的人工边坡,改变了原始坡形,增强了岩体的风化卸荷作用。公路震动荷载对边坡坡面浅表部的岩体结构面松弛和岩体质量下降,也起到一定的加剧作用。

(3)人工开挖原始坡体,形成临空面,打破了坡体的自然应力平衡,且形成边坡高陡,未设置深层加固防护措施,在本边坡护面墙病害发育的二、三级坡面坡率为 1:0.50,且第三级坡面一坡到顶,单级最大高度约 48 m,安全储备较低。

(4)高速公路经过长达十几年的运营,原有的坡面防护措施老化,护面墙普遍有砂浆砌筑不饱满,块石间泥垢、水锈等杂质含量较多,特别是边坡的凹陷区域,并没有完全用石砌圪工填塞镶砌,甚至有空谷现象。而设置的主动网卡扣出现不同程度锈蚀,防护能力减弱。

(5)边坡未设置深层排水措施,而已有的泄水孔均未见出水,基本失效;工程区雨水较多,长期地表水渗入坡体无法有效排出,一方面增加了岩土体重度,另一方面降低了结构面抗剪强度指标,起到“润滑剂”作用,从而诱发和加剧了病害的产生。

4 应急措施建议

4.1 应急治理方案决策原则

应急方案的有效实施,须统筹考虑以下几个特点:

(1)本项目属于已运营高速公路边坡治理工程,属于永久性治理,编制治理设计方案时须综合考虑治理效果、治理费用和对公路交通安全的影响;

(2)本边坡较为高陡,编制治理方案时充分考虑施工机械、材料搬运、流水班组作业,确保施工的可行性、便利性和安全性;

(3)本项目属于既有边坡工程加固处治项目,应考虑新增加固处治措施与既有防护措施的良好结合。

4.2 应急抢险临时措施

在发现病害后,及时采取了应急抢险临时措施,对第二、三级坡面鼓胀、破损处实施喷砼防护,并对边坡平台裂缝部位进行灌浆、封闭,起到减缓病害发展的作用。

4.3 应急治理方案

在边坡应急勘察结果的基础上,综合考虑项目特点,对该边坡采取“坡体局部加固+坡体排水”进行应急治理(图3)。具体措施如下:

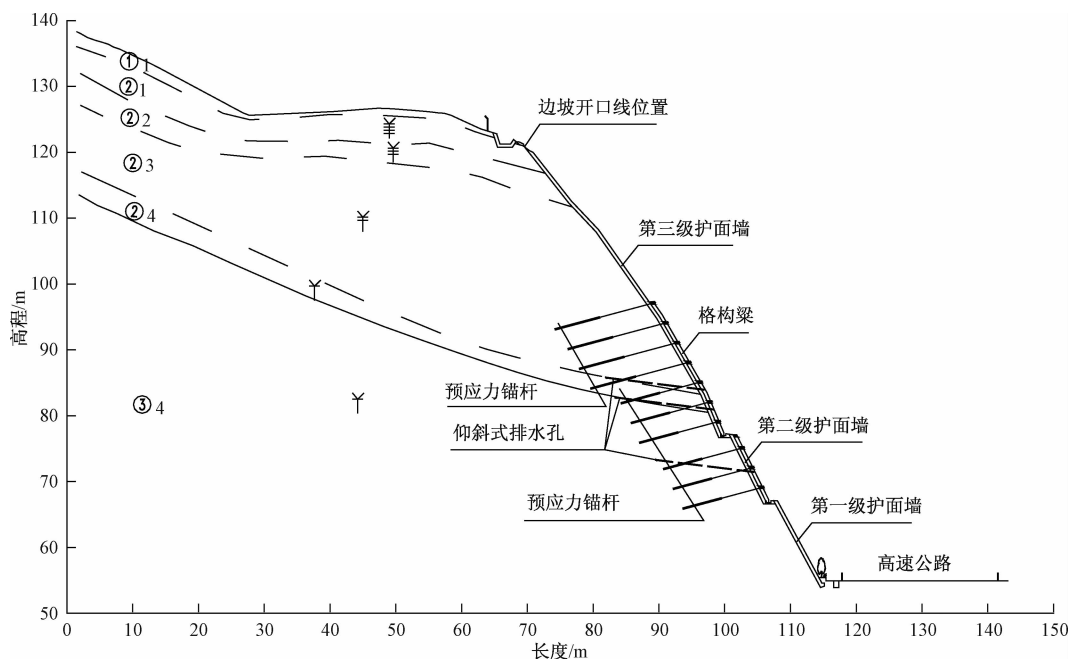


图3 应急治理剖面示意图

Fig.3 The schematic diagram of emergent treatment

(1)坡体局部加固:对东北侧第二、三级护面墙鼓胀破损区域及西南侧第二级护面墙平台开裂段采取预应力锚杆结合格构梁进行加固。其中格构梁:采用方

形格构梁作为锚杆传力机构,混凝土强度等级 C30,间距 3.0 m(水平)×3.0 m(垂直);格构梁节点处布置预应力锚杆,锚筋采用 PSB930 预应力螺纹钢筋,直径

32 mm, 锚孔直径 100 mm, 采用 M30 水泥浆注浆。

(2) 坡体排水: 在第二、三级坡面分别增设一排及两排仰斜排水孔, 以此减小地下水对边坡稳定的不利影响。仰斜排水孔梅花型布置, 水平及竖向间距 3.0 m, 仰角 7° , 钻孔孔径 130 mm, 内设双层带孔塑料排水管。

为了解边坡的变形发展趋势并提供预警信息, 及时指导施工、优化治理方案, 本工程边坡布置了地表位移、锚杆应力及滑坡深部位移监测点。在应急治理实施完成后, 未出现新的变形破坏现象, 且各项监测数据稳定, 监测结果显示边坡变形得到了有效控制。

5 结论

(1) 高边坡是高速公路建设的产物, 随着运营时间的延长, 病害不断产生, 对公路影响趋于恶劣。边坡的应急治理工程的实践性很强, 同时只有理论与实际相结合是解决边坡病害的问题所在。

(2) 本高速公路路堑边坡历经多年且未采取有效加固防护措施, 在不利的地质条件下, 受连续降雨影响最终导致病害的产生。

(3) 该边坡的应急治理, 对病害的原因进行分析, 结合工程特点, 采取了应急抢险临时措施和永久治理措施。

(4) 经过治理后, 边坡通过变形、应力监测, 表明坡体已趋于稳定状态, 应急治理措施是比较合理可行的, 为今后类似的边坡应急治理提供参考。

参考文献:

- [1] 廖小平, 朱本珍, 王建松, 等. 路堑边坡工程理论与实践[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2011.
LIAO Xiaoping, ZHU Benzhen, WANG Jiansong, et al. Cut slope engineering theory and practice [M]. Beijing: China Railway Publishing House, 2011.
- [2] 和昆, 蒋楚生. 云南元磨高速公路路堑高边坡及滑坡整治工程[J]. 路基工程, 2004(1): 49 - 51.
HE Kun, JIANG Chusheng. Land slide protection on high cutting slope in Yuanjiang-Moheitown high speed highway at Yunnan Province [J]. Subgrade Engineering, 2004(1): 49 - 51.
- [3] 马惠民, 王恭先, 周德培. 山区高速公路高边坡病害防治实例[M]. 北京: 人民交通出版社, 2006: 5 - 20.
- MA Huimin, WANG Gongxian, ZHOU Depei. Examples of high slope disease control of highways in mountains area [M]. Beijing: China Communications Press, 2006: 5 - 20.
- [4] 郑颖人, 赵尚毅. 有限元强度折减法在土坡与岩坡中的应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2004, 23(19): 3381 - 3388.
ZHENG Yingren, ZHAO Shangyi. Application of strength reduction FEM in soil and rock slope [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2004, 23(19): 3381 - 3388.
- [5] 王华俊, 许寅年, 李俊明. 浙江上虞 - 三门高速公路 K270 + 700 边坡变形破坏分析及治理[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2012, 28(1): 30 - 33.
WANG Huajun, XU Yinnian, LI Junming. Analysis of deformation and destroy of Shangyu-Sanmen highway K270 + 700 slope [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2012, 28(1): 30 - 33.
- [6] 黄润秋, 赵建军, 巨能攀, 等. 汤屯高速公路顺层岩质边坡变形机制分析及治理对策研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2007, 26(2): 239 - 246.
HUANG Runqiu, ZHAO Jianjun, JU Nengpan, et al. Study on deformation mechanism and control method of rock method of bedding rock slope along tangtun expressway [J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2007, 26(2): 239 - 246.
- [7] 王剑琳, 闻人霞, 王华俊. 甬台温高速公路某边坡变形破坏分析及治理[J]. 土工基础, 2013, 27(3): 33 - 35.
WANG Jianlin, WEN Renxia, WANG Huajun. Analysis and mitigation of a slope failure in Yong-tai-wen Expressway [J]. Soil Engineering and Foundation, 2013, 27(3): 33 - 35.
- [8] 王浩, 王明哲, 陈秀晖, 等. 复杂路堑高边坡施工期多次滑动机理分析与讨论[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2016, 27(3): 14 - 21.
WANG Hao, WANG Mingzhe, CHEN Xiuhui, et al. Analysis and discussion on the mechanism of multiple sliding for cutting high slope during construction [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2016, 27(3): 14 - 21.