

川藏公路沿河路基水毁成因分析与工程防护

黄志才¹, 吴国雄¹, 程尊兰²

(1. 重庆交通学院 道路工程系, 重庆 400074; 2. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041)

摘要: 川藏公路(西藏境内部分)地处青藏高原的西南部, 由于其沿线所处地区的特殊地质、地貌、气候、水文条件影响, 因而沿河路基水毁现象十分严重。在实地调查的基础上, 对川藏公路的水毁成因、类型进行了分析, 并就防治方法提出了建议。最后以川藏公路 K4238+196—K4239+150 段典型水毁为例, 分析了各种防治措施的可行性。

关键词: 川藏公路; 水毁; 成因; 防治

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)04-0021-03

中图分类号: U418.54

Research on Causes and Prevention Methods of Water Damage to Sichuan — Tibet Highway

HUANG Zhi-cai¹, WU Guo-xiong¹, CHENG Zun-lan²

(1. Highway Engineering Department, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China; 2. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, Sichuan Province, China)

Abstract: Sichuan — Tibet Highway is located in the southwest of Qinghai — Tibet Plateau. Water damage to roadbed near rivers along the highway is very serious because of the complicated characteristics of geology, geomorphology, climate and hydrology. Based on field investigations, the causes and types of water damage were discussed, and the prevention of it were put forward. Finally, the application of prevention methods of water damage was applied in the K4238+196—K4239+150 section of Sichuan — Tibet Highway.

Keywords: Sichuan — Tibet highway; water damage; causes of damage; prevention methods

川藏公路西藏境内部分, 东起金沙江, 西至拉萨。沿线地区为典型的山地地貌, 公路途经横断山、喜马拉雅山、念青唐古拉山系, 东部地形起伏大, 最大高差达 3 000 m, 西部地形起伏较小, 地势较平缓。公路跨越江河众多, 如澜沧江、怒江及雅鲁藏布江的支流帕隆藏布、尼洋河、拉萨河等^[1]。该地区夏季雨量充沛, 加之温度偏高, 冰雪融化而极易形成洪水。川藏公路大多沿江河展布, 利用河流作用形成的阶地修筑路基, 在暴雨、冰融形成的洪水和滑坡、泥石流等其它山地灾害综合作用下, 路基严重冲刷, 导致多处水毁, 是造成川藏公路时断时通的重要原因。

1 水毁类型

根据水毁成因、危害程度差异, 可将路基水毁分冲刷水毁、渗流水毁、顶拖水毁、堵溃水毁 4 种类型。

1.1 冲刷水毁

川藏公路大部分与河道并行, 一面傍山, 一面临

河, 许多路基是半挖半填或全为填方筑成。填方多由开山废渣填筑, 其中有大量的大块石构成路基边坡。

若未采取冲刷防护加固措施, 在一般的洪水条件下, 水位较低, 流速不大, 坡脚块石较大, 坡脚边坡也较平缓, 能够抵御冲刷而保持路基边坡的稳定; 但在较大洪水条件下, 水位较高, 流速大, 而边坡上部的石块较小, 且含有部分岩屑和土质成分, 边坡也相对坡脚较陡, 随着水流的作用, 边坡水下部分含有的岩屑、碎石等细颗粒被水流冲刷带走, 路基坡脚逐渐被淘空, 最终造成路基坍塌, 路基出现缺口或大部分被毁。

在路基修筑了防护工程如浆砌片石驳岸、丁坝、护坡的地段, 也常出现水毁。究其原因: (1) 防护工程结构本身不稳定, 如驳岸在行车荷载和路基边坡土压力下倾覆, 护坡基础埋深不够而沿着边坡面下滑, 或护坡内部整体稳定不足而发生局部滑动。(2) 防护工程的基础埋深未达到水流的稳定冲刷深度, 随着水流的冲刷, 防护工程基础下的河床质被淘空, 而导致滑

收稿日期: 2002-03-21

资助项目: 交通部西部交通建设科技项目“沿河公路路基防护技术及水力计算研究”(D20204033)

作者简介: 黄志才(1980—), 男(汉族), 湖北襄樊人, 硕士生, 主要从事公路病害及防护工程研究。E-mail: hzc_2002@yahoo.com.cn。

动、倾倒破坏,使防护结构物失效,最后水流直接冲刷无防护措施的路基边坡,导致路基破坏。

1.2 渗流水毁

当路堤两侧水位存在高差时,在路堤内会出现水流渗透,并产生动水压力。在高水位洪水长期作用下,路堤内的浸润线上升并达到背水坡,这会引路堤内的孔隙水压力上升和非饱和土强度下降,边坡土体的稳定性下降,直至发生坍塌和滑动破坏。有学者做模型实验^[3]模拟了洪水渗透情况下路堤内浸润线变化,结果表明洪水渗透时浸润线的发展有如下 3 个阶段:(1) 水位逐渐上升,浸润线的起点抬高直至达到高水位浸润点的过程;(2) 浸润线从高水位浸润点发展到背坡脚的过程;(3) 浸润线在背水坡的出逸点从坡脚向坡面抬高直至形成稳定渗流的过程,在此阶段随着出逸点的抬高,背水坡渗流出口比降逐渐变大,坡面稳定性下降,坡面由于渗透力作用产生的局部破坏,极易危害下游边坡的整体安全,其渗流破坏的断面如图 1 示。

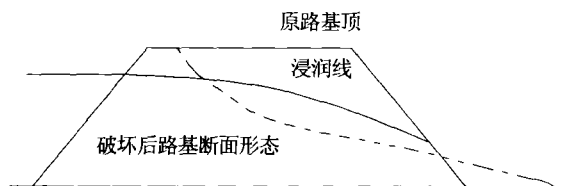


图 1 渗流水毁断面图

在稳定状态下的渗流情况对背水堤坡是最危险的,在沿河路基的设计中应予考虑,而当水位缓慢上涨而急剧下降时,对迎水堤坡的稳定性最为不利。由于川藏公路道路等级低,多为 3—4 级路,设计时考虑因素不足,未考虑洪水作用下形成的渗流对路基边坡的渗透破坏。在雨季时,由于长时期的降雨,形成江河持续的高水位,导致沿河路基的渗透破坏。

1.3 顶拖水毁

顶拖水毁是指江河两岸滑坡、崩塌、泥石流的堆积,侵占河床,压缩江河的过流断面。一方面,过流断面被压缩,该处的水深流速变大,水流冲刷能力提高。另一方面,滑坡、泥石流堆积物侵占河床的部分形成一个“坝”,产生挑流作用,使洪水顶冲对岸坡脚(如图 2 所示)。

川藏公路鲁朗段 K4132+420—+650 是一典型的顶拖水毁路段,它位于帕隆藏布江的支流鲁朗河南岸,公路从 2 级阶地前沿通过,高出水面 6.00~12.00 m,公路对岸为坡积层。1991 年 9 月 16 日暴雨后,对岸坡积层产生浅层滑动,滑动的物质大部分堆

积于鲁朗河内,形成天然土石坝,堆积长达 150 m,侵占河床过流断面 60%,导致主流改向,冲刷公路边坡,边坡松散物质坍塌,170 m 公路毁坏,公路断道长达 1 个月^[3]。

另一种形式是公路侧发生滑坡,毁坏公路后侵占河床并顶拖主流,水流顶冲对岸岩石后返回公路侧,冲刷下游公路边坡,导致路基坍塌破坏。在川藏公路北线那曲—昌都段的巴青和类乌齐之间多发生此种路基水毁。

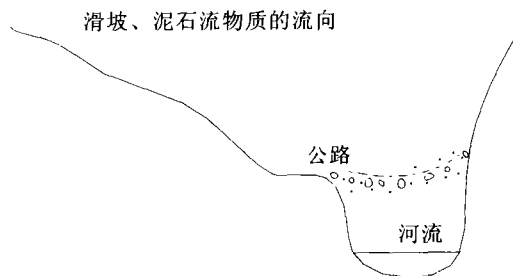


图 2 路基顶拖水毁平面图

1.4 堵溃水毁

堵溃水毁是指由江河两岸的滑坡、泥石流、冰湖运动后,进入河床的大规模的堆积体,形成天然的土石坝,堵塞河道,回水区水位上升,淹没上游公路,堵塞时的河床断面如图 3 示。水位上升形成的巨大压力及强烈的管涌作用最终导致溃决,溃决时的洪峰流量是正常洪峰流量的数 10 倍,淹没、冲毁下游长距离的公路,这是川藏公路水毁灾害中危害最严重的一种。

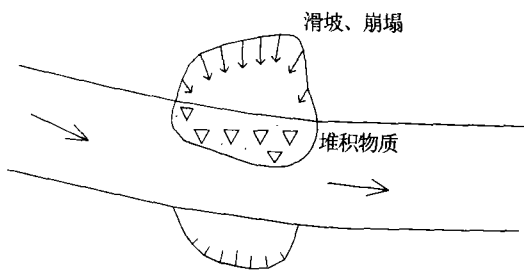


图 3 堵溃水毁断面图

川藏公路 K4105+800—K4109+100 的路段位于雅鲁藏布江 2 级支流东久河北岸,1967 年 8 月,约 $1.00 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的坡体从 400~700 m 高的坡面迅速下滑,掩埋公路 2.50 km,堵塞东久河,堵塞坝高达 70~90 m,堵水量达 $6.00 \times 10^6 \text{ m}^3$,回水淹没上游公路 2.50 km,1 个月后溃决,洪水冲刷毁坏下游沿河路基 1.10 km。

川藏公路米堆沟段位于波密县帕隆藏布江南岸,1988 年 7 月,贡扎冰川冰舌 $3.62 \times 10^5 \text{ m}^3$ 冰体崩入

湖内,湖水平均上涨 1.40 m,强大的冲击使本来已渗水、稳定性差的终碛坝体溃决。洪峰历时 0.50 h,洪水在沿米堆沟下泄中,两岸大量的松散物质介入其中,很快演变成泥石流。当冰湖溃决泥石流汇入主河帕隆藏布江后,堵塞河道。溃决后形成 $1.20 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$ 流量的洪水,使 42.00 km 的公路遭受水毁,其中 21.6 km 路基全部毁坏。

2 水毁防护

川藏公路作为西南地区的重要交通干线,自建成以来,在政治、经济、国防方面发挥了重要作用。由于沿线特殊的地貌、地质、水文条件,虽经多年养护,每年断道的时间仍然长达数月,严重影响了当地的经济。国家把川藏公路的病害整治工作列为八五、九五国家重点项目,路基水毁作为病害整治工作的重点,近年来已完成部分路段的治理。水毁防治遵循“以防为主,防治结合”的原则,以永久性结构为主,临时性结构为辅,按水毁防治工程的作用不同,可分为以下几种防护类型^[4,5]。

2.1 导流防护

导流堤、护墙等可平顺地改变水流方向,将水流按保护路基的要求导入合理的流路,防止水流直接冲刷路基,是常见的一种很有效的调治水流的构造物。在桥梁的上游修建导流堤,可将水流平稳导入桥孔,避免水流冲刷桥头与公路衔接的薄弱部位。导流堤的平面布置要考虑河段的地形、地质,既满足工程结构的需要,也尽量符合水流的水力学特性,基础埋深要不小于堤前水流的冲刷深度。

2.2 挑流防护

丁坝、透水坝等可剧烈地改变水流方向,将水流部分或完全挑离被冲刷的河岸,对水流的结构影响很大,这种挑流建筑物的结构形式为横向障碍物。丁坝在沿河路基冲刷防护中起着重要的作用,它将水流对路基的冲刷部分转移到丁坝体上,它的优点是防护路段长,相当于丁坝本身长度的 3~10 倍。丁坝的作用有 2 种:(1) 以防护为主,用以防止水流对路基的直接冲刷,它只改变局部水流方向,不改变主流方向,这时多采用较短的丁坝;(2) 以挑流为主,用以改变主流方向,使水流远离被保护的路基,这时多采用较长的丁坝。当丁坝出现水毁时,如能及时抢修不会影响到路基的安全和造成损失。

2.3 固底防护

固底建筑物,包括挑坎、潜坝(顶面低于河床面或与河床面平齐的丁坝)、柔性混凝土板等结构。挑坎、潜坝的作用是防护路基及桥涵下游出口的冲刷,使河

床保持在一定的高程上。柔性混凝土板是由具有一定规定形状、尺寸的混凝土板和铰链相互连接而成,用于防护路基和导流建筑物基础,随基础脚下冲刷深度的加深,柔性护面能自动沉入冲刷坑内覆盖住坑壁,不使淘刷角向后发展,以保护基础稳定。

2.4 护坡防护

边坡加固建筑物,是在路基边坡上修建各种护面结构以抵御水流的冲刷,用以防护导流堤、桥头引道、路堤以及桥址上下游河岸。各种边坡加固建筑物可分为柔性和刚性 2 类。柔性边坡加固建筑物能适应支承面因下沉或被侵蚀而产生的变形,常用的柔性边坡加固建筑物有抛石,铁丝石笼,干砌片石等。刚性边坡加固建筑物则不能适应支撑面的变形,一旦出现变形则会因失去支撑而破坏。常用的刚性边坡加固建筑物有浆砌片石、混凝土板、混凝土胶结抛石等。

2.5 综合防护

针对川藏公路的沿河路基水毁,一般防护工程均采用几种防护形式配合使用,发挥各自的优点,确保路基的安全。川藏公路 K4238+196—K4239+150 段是水毁综合防治重点试验工程。它是紧靠尼洋河的一公路弯道凹岸,当水流进入弯道,由于惯性作用直冲坡脚,导致岸边坡脚的砂砾石、沉积物被水带走,岸坡失稳而形成坍塌,主流不断向内移动,从 20 世纪 80 年代后期开始每年均发生断道阻车。

防护工程采用木桩铅丝石笼配挑水坝护岸方案,总长 954 m,具体措施如下:(1) 在沿岸滩地打了 848 根排桩,以固定铅丝石笼防止下滑,同时也起到透水护岸作用。木桩间距为 2 m,1 m 间隔平行布置,桩径不小于 20~25 cm,桩长 6.50 m,桩基平均入土深度 2.95 m,对桩的冲刷采用《公路桥位勘测设计规范》中桥墩局部冲刷深度计算公式:

$$h_b = k_\varepsilon K_n B_1^{0.6} (V_0 - V'_0) \left(\frac{V - V'_0}{V_0 - V'_0} \right)^n$$

式中: h_b ——局部冲刷深度; k_ε, K_n ——系数; B_1 ——墩计算宽度; V ——冲向墩的流速; V_0 ——床沙的起动流速; V'_0 ——墩旁床沙的起冲流速; n ——指数。

计算得木桩局部冲刷深度为 1.86 m,考虑 0.50 m 的安全深度,即木桩入土深度为 2.36 m,小于实际入土深度,安全可靠。

(2) 采用长 3 m,高宽各 1 m 的铅丝石笼,用镀锌 8# 铅丝编制,石料粒径不小于 20 cm,紧靠木桩铺排,并在铅丝笼与路基间进行抛石并填实,形成的路基断面(图 4)。

(下转第 27 页)

表 4 黑河水库汇流区侵蚀模数估算对比 $t/(km^2 \cdot a)$

推算方法	悬移质 输沙模数	推移质 输沙模数	坡面侵 蚀模数	沟道侵 蚀模数	总侵蚀 模数
按水文站	230	253	268	215	483
按水保调查	256	281	298	239	537
按本文方法	233	257	272	218.3	490

4. 结 论

(1) 本文所用模式适用于黑河水库汇流区土壤侵蚀评价,研究精度能够满足土壤侵蚀评判要求,其应用可为防治土壤侵蚀提供依据。

(2) 由于土壤侵蚀可分为面蚀和沟蚀,所用模式与面蚀吻合较好,如果考虑到沟蚀,则需结合研究地区实测资料进行校正。

(3) 黑河水库汇流区土壤侵蚀强度与土地利用因素有很大的相关性。因此,减少坡耕地比重,增加林

地面积,实施退耕还林,有助于减缓水库淤积,减轻水质污染,延长水库寿命。

[参 考 文 献]

[1] 卢金发,李矩章.黄土高原地区侵蚀类型及侵蚀强度遥感调查与制图研究[M].见:王乃斌,卢金发,等.黄土高原地区资源与环境遥感调查与制图研究.北京:地震出版社,1992.

[2] 马俊杰,袁勘省.关中中东部土壤侵蚀回归分析[J].水土保持学报,1994(4).

[3] 傅抱璞,虞净明,李兆元.太白山气候要素随海拔高度变化的考察报告[C].见:陕西省林业厅编.太白山自然保护区综合考察论文集.西安:陕西师范大学,1989.

[4] 周至县土地局.周至县土地资源[M].西安:西安地图出版社,1997.

[5] 马乃喜,尹怀庭,马俊杰,等著.西安生态环境建设研究[M].西安:西安地图出版社,1999

(上接第 23 页)

(3) 在工程上游 100 m 处修建 2 个长分别为 27 m 和 21 m 的挑水坝,以减小主流对路基的直接冲刷,同时在下游修建长 40 m 的挑水坝,对下游路基进行保护。该工程 1999 年 3 月竣工,经受了洪水考验,对路基起到了很好的保护作用。

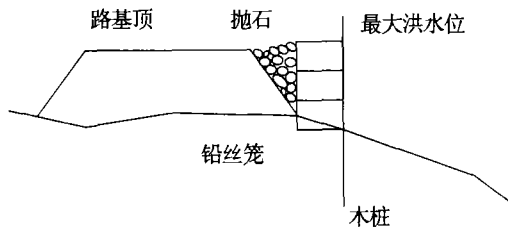


图 4 路基横断面布置图

3 防护工作建议

(1) 对不同情况水流的冲刷深度、各种防护结构

的抗冲能力展开深入研究,科学地设置防护工程,提高沿河路基抵抗正常洪水冲刷的能力。

(2) 要加快公路沿线滑坡、崩塌、泥石流的治理、疏导工作,减少由于这些灾害的发生而引起的间接路基水毁,并加强日常养护工作,及时处理突发性灾害,避免大规模水毁灾害的发生。

[参 考 文 献]

[1] 罗德富,毛济周,等.川藏公路南线(西藏境内)山地灾害及防治对策[M].北京:科学出版社,1995.3—6.

[2] 朱伟,山村和也.雨水、洪水渗透时河堤的稳定性[J].岩土工程学报,1999,21(4):414—419.

[3] 汪阳春,梁光模,等.西藏公路水毁研究[M].成都:四川科学技术出版社,2001.43—51.

[4] 堤防工程设计规范[S].北京:中国计划出版社,1998.

[5] 路基设计手册[Z].北京:人民交通出版社,1997.