

# 藏东南高山区沿河公路路基水毁防护工程对策

## ——以川藏公路中坝段为例

程尊兰<sup>1</sup>, 梁光模<sup>2</sup>, 张正波<sup>2</sup>

(1. 中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 西藏自治区交通科学研究所, 拉萨 850000)

**摘 要:**藏东南山高坡陡、水流湍急、河床粗砾多, 公路水毁现象十分严重。针对水毁这一问题, 本文提出在高山区沿河公路路基防护工程中, 采用浆砌片石护墙(以预制混凝土板或巨砾锚固为基础)+沉箱式或巨砾锚固式护坦的设计方案, 对解决高山区沿河公路路基防护工程中基础处理的关键问题作出了有益的探索。

**关键词:**公路路基; 水毁; 防护工程; 沉箱式; 巨砾锚固式

**中图分类号:** X4, P96

**文献标识码:** A

川藏公路(国道 318 线)帕隆藏布江中坝段沿河路基防护工程段(以下简称工程段)位于 G318 线 K3930+600 至+868, 地处波密县中坝乡, 雅鲁藏布江支流帕隆藏布江中坝段北岸。由于帕隆藏布江汛期洪水顶冲, 造成沿河公路路基毁坏(简称水毁), 严重影响该段公路正常运行。本文在实地调查的基础上, 针对该段公路路基水毁的特点, 提出了工程治理方案。

## 1 工程段基本概况

工程段位于藏东南高山峡谷区, 帕隆藏布江东西向深切其中, 江北为海拔高达 5592m 的伯舒拉岭, 江南为海拔 5721m 的贡生恶勒山, 相对高差达 2300m~2400m<sup>[1]</sup>。河谷呈“V”字形, 河床狭窄, 枯水时河宽仅 30m 左右, 洪水时也不超过 50m; 谷坡陡峭, 多在 45°左右, 局部甚至 >70°; 河床纵比降为 14.88‰, 发育有二级冲积阶地或洪积台地。

工程段断裂和褶皱发育, 嘉黎—波密—察隅断裂带呈 NWW—SEE 通过, 并且次一级断裂发育。出露基岩为黑云母花岗岩, 第四系松散堆积物分布

广泛, 有冲积物、洪积物(含泥石流堆积物), 崩坡积物(含溜砂)和冰碛物等。工程区新构造运动强烈, 地震活跃, 以强烈隆升为主, 近 15 年来, 抬升速度最大达 30mm/a。工程区多年平均降水量 760mm, 集中于 5~10 月, 占全年总降水量的 75%, 降水有随海拔增高而增加的特点, 并多局部性暴雨。该地洪水主要为暴雨洪水和冰雪融水洪水, 具有历时极短、水量集中、来势凶猛的特点, 岸坡侵蚀严重, 常造成公路水毁。工程段滑坡、崩塌、溜砂、泥石流等山地灾害极为发育, 溜砂尤甚, 亦威胁该段公路安全。

## 2 路基水毁及防护现状评价

川藏公路中坝段位于帕隆藏布江北岸, 北靠伯舒拉岭溜砂坡, 南临江水, 公路既无法内移, 又难以向外拓展。

工程段受上游河势的影响, 主流偏向北岸, 汛期常出现大溜顶冲, 毁坏路基, 影响行车安全。为了公路保通, 从 1998 年开始, 在路基水毁最严重处, 修建各种临时性水毁防护工程。先后修筑了干砌石护坦、铁丝石笼护坡+护坦、条木排架护坡、条木石笼

收稿日期(Received date): 2003-11-30。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金资助项目(40371016); 交通部西部交通建设科技项目(200131879257)资助。[This research is supported by China National Science Found (40371016), The Ministry of Communications(200131879257).]

作者简介(Biography): 程尊兰(1952-), 女(汉族), 四川隆昌人, 副研究员, 主要从事山地灾害及防治工程研究, 已发表相关论文近 30 篇, E-mail: czl@imde.ac.cn [Chen Zunlan(1952-), female, han nationality, born in Longchang Sichuan, associated professor, major in mountain hazards and prevention methods study, has announced nearly 30 articles, E-mail: czl@imde.ac.cn]

挑流坝等。由于这些临时性防护工程结构强度低,基础埋深不够或没有基础埋深,在洪水不大时可勉强强度汛,起到一定的保护路基的作用;而遇大洪水时常常局部或全部被冲毁,随之路基坍塌,路面宽度减窄,严重影响行车,甚至交通中断。为了维持公路通畅,随后立即修新的防护工程,几年后又被冲毁。这样,此段路基水毁防护工程,不断地修建,又不断地被冲毁,以致目前各种结构、不同年代的临时性防护工程交织在一起。

特别是2002年汛期后,这些防护工程几乎都遭到严重的水毁。铁丝石笼出现严重变形,部分只剩下杂乱的铁丝,条木排架随之沿坡下滑,部分外侧的竖木和横木以及填石均被冲走;干砌石护坡有的下部已被淘空,上部即将跨塌,有的则全部被冲走。残留的防护工程,对路基还起着一定的防护作用,公路还可勉强通车,但不会维持很久。

因此,加强该段沿河公路路基水毁的防护,建设长期性(永久性)的防护工程,对保证公路畅通十分必要。

### 3 防护工程方案研究

针对该段路基水毁的特点,确定了修建长期(永久性)防护工程的方案,在保证足够的基础埋深的基础上,充分利用河床中的巨砾,提出了一种新的防护工程结构形式。

#### 3.1 冲刷深度计算

冲刷深度是该工程设计中的一个关键参数,防护工程的基础要位于冲刷线以下,而目前尚无适用于山区河流路基冲刷的计算公式。作者通过山区沿河路基冲刷防护的试验研究,确定了路基冲刷深度计算公式(1),此段工程的冲刷深度按照该公式进行计算

$$\frac{h_s}{h} = 1.3 \left( \frac{B}{r} \right)^{0.391} \left( \frac{h}{d} \right)^{0.141} Fr^{0.947} e^{-0.16m} e^{-0.11(\sigma_g - 1.3)} \quad (1)$$

式中  $h_s$  为弯道凹岸最大冲刷深度(m),从平均床面高程计; $h$  为弯道进口的行近水深(m); $B$  为河槽宽度(m); $r$  为弯道中线半径(m); $d$  为泥沙中值粒径(m); $m$  为护墙迎水面的边坡系数; $\sigma_g$  为粒径的几何均方差,  $\sigma_g = \sqrt{d_{84.1}/d_{15.9}}$ ;  $Fr$  为行近水流的佛汝德数,  $Fr = V^2/(gh)$ ;  $V$  为弯道进口的行近流速(m/s)。

根据该段的实测参数,代入公式(1)后,得出冲刷深度  $h_s$  为 1.98m,在实际方案中采用 2.0m。

#### 3.2 主要工程概况

根据该河段的地形和地质条件,确定了不同的工程结构形式,工程段沿公路外侧展布,全长 268m,主要工程有:

##### 3.2.1 护墙

护墙主体均采用 M7.5 浆砌片石结构,基础分混凝土预制板和巨砾锚固二种形式。

##### (1) 混凝土预制板为基础的浆砌片石护墙

该类护墙主体一般高 9.0m,顶宽 0.7m,底宽 2.95m,内边坡坡度 1:0.1,外边坡 1:0.35,护墙上部设两排排水孔,每隔长 20m 留一道沉降缝。

为了解决施工时河水或地下水的影响,决定采用预制混凝土板基础,然后在板上砌筑浆砌片石,虽然仍需排水,但有 1m 深的排水沟,足以防止施工时水浸浆砌片石,更不会有动水流过,完全可以保证护墙下部的质量。预制混凝土板基础的中、上部 0.75m 为 C25 素混凝土,底部 0.25m 为 C30 钢筋混凝土,主要是为了增加板的强度,板长 2m,宽、高均为 1.0m,其结构断面形式如图 1 中所示。

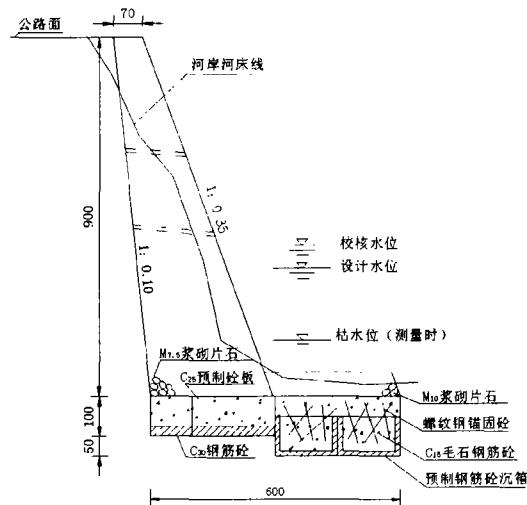


图1 预制砼板为基础的浆砌片石护墙结构断面

Fig.1 Sheet stone-concreted counterfort (take prefabricate boulder-anchored as the foundation and safeguard)

##### (2) 巨砾锚固为基础的浆砌片石护墙

该类护墙主体高度为 8.5m,底部宽为 2.93m,其它的尺寸和结构均与混凝土预制板为基础的护墙主体部分完全相同,此类形式的护墙总长 36m。

基础采用巨砾锚固形式,布设在河岸附近巨砾比较密集的河段。先将巨砾间砂砾石清除,清除深度 1.5m,然后在巨石中钻孔,孔径略大于锚杆直径( $\varphi 32$  和  $\varphi 25$  的螺纹钢),孔深视石块大小而定,一般为 0.5~0.8m,锚杆全长为 1.0~1.6m;钻孔后把孔冲洗干净,灌注 M30 水泥砂浆,再把锚杆压入,然后在巨砾间充填 C30 混凝土,最后在混凝土上部再砌厚 0.6m 的浆砌片石盖层,其结构断面形式如图 2 中所示。

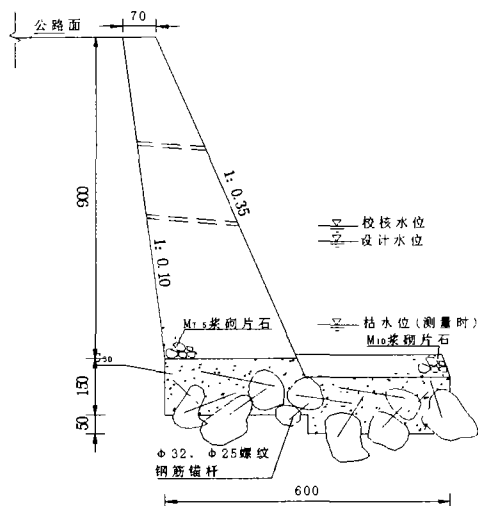


图2 巨砾锚固为基础的浆砌片石护墙结构断面

Fig.2 Sheet stone-concreted counterfort (take board-concreted and caisson-style as safeguard)

### 3.2.2 护坝

护坦也分为两种形式,在护墙采用预制砼板为基础的路段,护坦采用沉箱式,如图 1 中所示;在护墙采用巨砾锚固为基础的路段,护坦亦采用巨砾锚固式,如图 2 中所示。其中沉箱式护坦长 232m,巨砾锚固式护坦长 36m。

根据前面冲刷深的计算可知,防护工程基础底面要位于冲刷线以下,此处护坦底面可视为整个工程的基础底面,即其要位于河床面以下 2.0m 的位置。

### (1)沉箱式护坦

采用预制的沉箱式护坦首先是为了保证护坦基础的质量,避免河水或地下水的影响。其次护坦一旦遇到超过设计标准的特大洪水,受到破坏时,一只沉箱就相当一块巨砾(体积为  $1.5\text{m} \times 1.5\text{m} \times 1.0\text{m}$ ),仍具有保护路基的作用。

## (2) 巨砾锚固式护坦

该类形式护坦布置在巨石锚固式基础护墙的前缘,其结构形式和锚固方法与护墙的巨石锚固式基础完全一样,只是基底面比前者低 0.5m,其上部亦有厚 0.6m 的 M10 浆砌石片盖层。

## 4 结论

本文针对川藏公路中坝段的路基水毁状况,根据冲刷模型试验确定了路基防护工程的冲刷深度,并结合实地情况,提出了一种新的结构形式:以预制混凝土板或巨砾锚固为基础的浆砌片石护墙+沉箱式或巨砾锚固式护坦。该防护工程具有下列技术特点:

(1)当洪水不超过设计频率(25a一遇)时,可以防止公路路基水毁,保证公路畅通,即使洪水达到校核频率(50a一遇)时,由于本段防护工程形成了一个整体,对河床冲刷有一定的适应能力,亦不会出现严重的路基水毁:

(2)浆砌片石护墙作为长期性工程,消除水毁危害,同时有利于抑制上部溜砂坡危害的继续发展;

(3)根据西藏水毁的特点和施工中存在的实际困难,护墙基础采用预制混凝土板,护坦采用预制的沉箱形式,可以有效地解决基础的质量问题,保证整个防护工程安全。同时充分利用在河岸附近河床巨砾比较密集的河段中的砾石,护墙采用巨砾锚固基础,护坦采用巨砾锚固式的新结构,对山区沿河路基防护形式的研究是一种有益的探索。

### 参考文献:

- [1] Wang Yang-Chun, Liang Guang-Mo, Shu Bin. Water damage to highway in Tibet, Sichuan. Science Press, 2001, 74~80. [汪阳春, 梁光模, 舒斌. 西藏公路水毁研究[M]. 成都, 四川科学技术出版社. 74~80.]

## Strategy on Safe-project of Water-damaged Roadbed along River in Mountain Area of Southeast Tibet

——Taking the Section of Zhongba Section of Chuan-Zang  
Highway as an Example

CHENG Zun-lan<sup>[1]</sup>, LIANG Guang-mo<sup>[2]</sup>, ZHANG Zheng-bo<sup>[2]</sup>

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences & Water Conservancy Ministry,  
Chengdu 610041 China*; 2. *Institute of Tibet Communication Science, Tibet 850000 China*)

**Abstract:** According to special characters in Southeast Tibet where high mountain and steep slope, rushing current, crassitude sediment on riverbed, and water-damaged roadbed exist, the paper put forward creatively the safe-project system of roadbed along river including two design print, which are sheet stone-concreted counterfort (take prefabricate board-concreted or boulder-anchored as the foundation) and caisson-style or boulder-anchored style counterfort, and some key technical problems in dealing with roadbed project along river in mountain area are discussed.

**Key Words:** roadbed; water-damage; safety-project; caisson-style; boulder-anchored style

=====

(上接第 142 页)

## Analysis of Development Characteristics of Youyiqiao Landslide along China-Nepal Highway

ZHANG Xiao-gang<sup>1</sup>, QIANG Ba<sup>2</sup>

(1. *Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041 China*;  
2. *Tibet Traffic Institute, Lhasa 850000 China*)

**Abstract:** Youyiqiao landslide is located at the last section which is the region between Zhangmu and Youyiqiao along China – Nepal Highway in China. Youyiqiao landslide endangers severely highway especially during rainy season every year and influents the development of port passage. Based on the analysis of landform, structure of land body and stability of slope, it can draw a conclusion that Youyiqiao landslide is a giant ancient landslide. After the first landslide activities, the slope has occurred repeated second – sliding. Youyiqiao landslide is a modern landslide which is of the characteristics of multiphase, multilayer, multistripe, multipart, multigrade.

**Keyword:** China-Nepal Highway; Youyiqiao landslide; development characteristics