

文章编号: 0451-0712(2006)12-0092-03

中图分类号: U416.1; U417.1

文献标识码: B

山区沿河路基河湾凹岸的护坦防护

王亚玲, 周玉利

(长安大学特殊地区公路工程教育部重点实验室 西安市 710064)

摘 要: 针对山区沿河路基河湾凹岸的护坦防护机理及防护效果进行了研究, 指出护坦顶面应低于河床面, 其减冲防护效果与护坦宽度 B_H 有关, 提出凹岸护坦防护的设计原则和设计计算方法。通过工程实际应用, 证明河湾凹岸路基冲刷防护采用护坦基脚式挡土墙或护坦式基脚护坡是一种经济有效、易行的浅基防护型式。

关键词: 护坦; 路基防护; 河湾

山区公路水毁的防护和治理, 应从寻找和分析引起公路水毁的具体原因入手, 认清水流结构和导致水毁的机理, 有针对性地采取相应的防护措施, 以避免屡建屡毁的重复水毁现象。山区河流大多是峡谷河段和开阔段相间, 因受两岸地形限制, 易形成强制性河湾。由于河湾中断面环流的存在以及流速分布得不均匀, 使得横向输砂不平衡, 导致河湾凹岸冲刷、凸岸淤积。每年汛期山洪爆发, 来势迅猛, 因河湾凹岸冲刷严重, 致使路基边坡脚淘空, 造成路基坍塌, 甚至引起山坡滑坡, 造成公路水毁。而修建在山区河湾的桥梁, 由于要经受河湾螺旋流的作用, 引起凹岸桥台基础严重冲刷, 凸岸桥台甚至桥孔淤积, 形成桥梁水毁。因此, 只有研究河湾水流机理, 采取相应对策, 才能有效地预防和治理公路和桥梁水毁。我国山区公路防护工程一般为圬工结构, 石料就地取材, 人工砌筑。为减少基础圬工体积和挖基土方量, 节约工程投资, 有必要寻求一种经济有效、易行的浅基防护型式。

1 河湾凹岸的路基冲刷

水流进入河湾, 因惯性流向凹岸, 沿凹岸曲线流动。水流受重力和离心力共同作用, 形成三维的螺旋流, 面流流向凹岸, 底流流向凸岸。螺旋流在过水断面上的投影称为断面水流。

1.1 河湾凹岸的最大冲刷深度计算

凹岸冲刷从河湾顶点开始, 在河湾出口断面达到最大值, 河湾出口下游直段凹岸一侧, 大约 $2B(B$

为河槽宽度) 的范围内仍然被冲刷。凹岸最大冲刷试验是在长安大学公路学院水力实验室进行的。根据长安大学模型试验资料和汉江、渭河河湾冲刷现场观测资料, 进行量纲分析和多元回归分析, 得到无量纲最佳回归方程, 相关系数 $R=0.927$, 回归效果显著。

$$h_{\max}=1.48\left(\frac{B}{R_c}\right)^{0.24}\left(\frac{B}{h}\right)^{0.17}\left(\frac{h}{d}\right)^{0.05}hK_m \quad (1)$$

式中: h_{\max} 为河湾凹岸最大冲刷处水深, m; h 为河湾进口或上游直段的平均水深, m; B 为河湾进口或上游直段水面宽度, m; R_c 为河湾中心半径, m; d 为河床质平均粒径, m; K_m 为凹岸冲刷边坡折减系数, $K_m=e^{-0.16m}$, m 为边坡系数(边坡坡比为 $1:m$), e 为自然对数的底, $e=2.71828$ 。

式(1)曾经过 1994 年乾佑河汛后观测资料验证, 并应用于西铜、西宝高速公路的设计。

试验结果表明: 若两反向河湾(S 形)相接, 上游河湾出口冲深有所减小, 而下游河湾出口冲深明显增大; 若两同向河湾(U 形)相接, 有两个凹岸最大冲刷区, 上游在 $110^\circ\sim 130^\circ$ 断面, 下游在 180° 出口断面及其下游附近。

1.2 河湾凹岸冲刷防护范围

河湾凹岸冲刷防护的范围可按图 1 所示的方法确定。当河湾圆心角 $\theta \geq 90^\circ$ 时, 防护起点在进口断面的凸岸引切线与下游凹岸的交点 A 处。当河湾圆心角 $\theta < 90^\circ$ 时, 防护起点应从 A 点再向上游加长一个河槽宽度 B , 即 A_1 点处。无论圆心角 θ 大于或小于 90° , 河湾出口下游直段都必须有 $1.5\sim 2.0$ 倍河槽宽的防护长度。

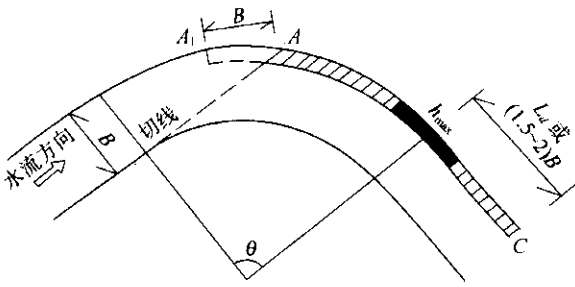
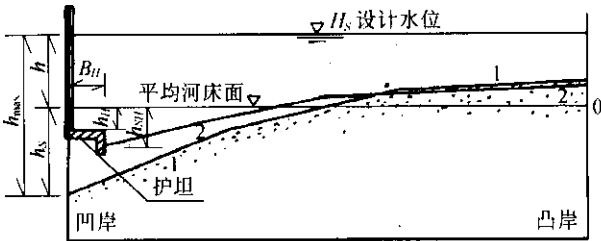


图 1 河湾凹岸冲刷防护范围

2 河湾凹岸的护坦防护

2.1 凹岸护坦防护机理

护坦防护能改变坡脚水流结构和提高坡脚抗冲刷能力。对于凹岸冲刷防护,采用石砌挡土墙或护坡配合埋在地下的石砌护坦浅基防护,是山区河湾凹岸防护首选的防护型式,如图2所示。在修建了埋于床面以下的护坦后,沿凹岸壁面向下游河床面发展的螺旋流,到达床面后带走泥砂形成冲沟,水深增大,流速降低。当水流遇到护坦顶面,被迫改变流向,沿护坦顶面水平地向斜前方流动。当它达到护坦垂裙后,进入天然河床面,在护坦与散粒体河床面分界处,引起次生旋涡,形成床面上沿护坦垂裙的冲沟。由于次生旋涡体系较螺旋流直接作用于床面的能量要小得多,因此,它的冲刷能力大为削弱,使凹岸冲刷减小,凸岸淤积减小,横向河床面变形趋向平缓,起到坡脚防护的作用。



注: 1 为弯道天然最大冲刷断面; 2 为设护坦后最大冲刷断面。

图 2 设置护坦前后的凹岸冲刷深度计算图式

护坦减冲效果,可用护坦垂裙处的冲刷深度 h_{SH} 与不设护坦天然冲深 h_S 的比值 h_{SH}/h_S 来表示(如图2所示)。天然状态弯道凹岸的最大冲刷深度 h_S ,可由该处的最大水深 h_{max} (h_{max} 由式(1)计算)减去平均水深求得。即:

$$h_S = h_{max} - h \tag{2}$$

设置护坦后,凹岸冲刷深度 h_{SH} 与弯道因素(弯道宽度 B 、中心半径 R_c 、平均水深 h 、床砂粒径 d 以及

凹岸边坡系数 m)和护坦因素(护坦宽度 B_H 和护坦顶面埋深 h_H)等各因素有关。弯道护坦防护试验在长安大学公路学院水力实验室进行,根据长安大学试验资料进行回归分析得到,护坦宽度 B_H 和护坦垂裙冲刷深度 h_{SH} 的关系为:

$$h_{SH} = h_S e^{-0.275 \left(\frac{180^\circ}{\theta} \right) \left(\frac{B_H}{h_S} \right)} \tag{3}$$

式中: h_{SH} 为护坦垂裙冲刷深度(天然平均河床面以下),m; h_S 为无护坦条件下,天然凹岸最大冲刷深度(天然平均河床面以下),m; B_H 为护坦宽度,m; θ 为河湾圆心角,($^\circ$)。

2.2 凹岸护坦防护的设计原则

(1)护坦顶面必须埋在河床床面以下,砂质河床多取床面以下1~2 m,卵石河床可取床面以下1 m左右。护坦顶面宽度一般多取1.5~3 m。实践证明,护坦顶面宽度愈大,凹岸冲刷愈浅,凸岸淤积愈小,床面横向变形愈平缓,同时可以保证护坦的上游端不会出现局部冲刷坑。

(2)山区公路防护多用石块砌筑护坦顶板,为防止汛期被洪水冲来的巨石撞击破坏,护坦顶板的厚度不宜小于0.8 m。

(3)为保证路基边坡稳定,护坦顶板和挡土墙、护坡必须连结成整体,尽量采用较大的石块、砂浆饱满的砌缝。

(4)为保证护坦的安全和防护效果,垂裙下端应埋在计算冲刷线以下至少0.5 m,垂裙的厚度不宜小于0.6 m。如护坦垂裙做成斜墙,使次生旋涡发展受到限制,冲刷深度还要减小。

(5)护坦顶板和垂裙砌筑完成后,必须用较大粒径的河砂回填密实。

2.3 工程事例应用效果

G312 国道 K1284+920~K1285+200 段位于山岭重丘区,路线左临丹凤县武关河。原路基于1992年水毁,在水毁修复工程中,根据现场勘察,拟建护坦基脚式挡土墙予以修复。

(1)设计资料:①河床比降,河床砂平均粒径 $\bar{d}=20.3$ mm,河床粗糙系数取 $n=1/20$;②由《商洛地区实用水文手册》查得50年一遇设计流量 $Q_S=1\,640$ m³/s,设计水位 $H_S=457.75$ m,平均水深 $h=3.51$ m,河湾进口处的水面宽度 $B=142.3$ m;③按1:10 000地形图量得,河湾外半径 $R_{外}=410$ m,中心线半径 $R_c=339$ m,圆心角 $\theta=62^\circ$;④挡土墙迎水面边坡取1:0.35。

(2) 挡土墙冲刷计算。

由式(1)计算不设护坦时,天然条件下,沿凹岸挡土墙的最大冲刷深度 h_{\max} :

$$\begin{aligned} h_{\max} &= 1.48 \left(\frac{B}{R_c} \right)^{0.24} \left(\frac{B}{h} \right)^{0.17} \left(\frac{h}{d} \right)^{0.05} h K_m \\ &= 1.48 \left(\frac{142.3}{339} \right)^{0.24} \left(\frac{142.3}{351} \right)^{0.17} \left(\frac{3.51}{0.0203} \right)^{0.05} \times \\ &\quad 3.51 \times e^{-0.16 \times 0.35} \\ &= 9.64 \text{ m} \end{aligned}$$

由式(2)计算平均床面冲刷深度 h_s :

$$h_s = h_{\max} - h = 9.64 - 3.51 = 6.13 \text{ m}$$

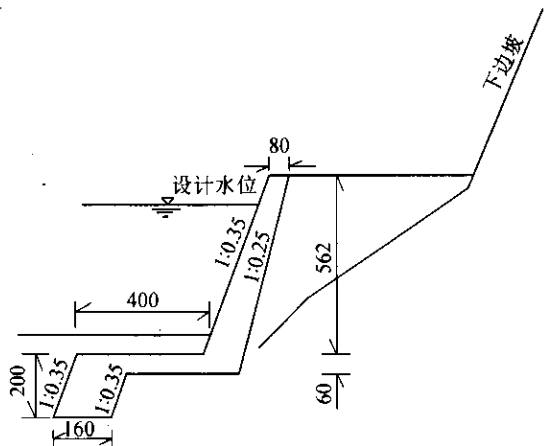
根据地形图量得, $R_{\text{外}} = 410 \text{ m}$, $R_c = 339 \text{ m}$, 圆心角 $\theta = 62^\circ$ 。取护坦顶面宽度 $B_H = 4 \text{ m}$, 由式(3)计算护坦垂裙处的冲刷深度(天然平均河床面以下):

$$\begin{aligned} h_{HS} &= h_s e^{-0.275 \left(\frac{180^\circ}{\theta} \right) \left(\frac{B_H}{h_s} \right)} \\ &= 6.13 e^{-0.275 \left(\frac{180^\circ}{62^\circ} \right) \left(\frac{4}{6.13} \right)} \\ &= 3.64 \text{ m} \end{aligned}$$

图3所示为G312国道K1285+020~K1285+115段护坦基脚式挡土墙横断面设计图,图中尺寸除标高以m为单位外,其余均以cm计。为安全计,护坦基底埋深为2.5m,护坦顶面埋入河床以下0.5m,挡墙顶位于设计洪水线以上1.0m。该防护工程修复后,至今使用效果良好。

3 结论

护坦具有轻型、浅基、安全、经济和便于施工等特点,对洪水具有顺其性、挫其峰、分其势和调其向的作用。设计防护工程时必须了解引起水毁的机理。对于山区河湾凹岸的防护,采用护坦基脚式挡土墙



单位:cm

图3 护坦基脚式挡土墙横断面设计

或护坦式基脚护坡的浅基防护是一种理想的工程防护型式。护坦基脚式挡土墙,具有不压缩河道断面、对水流干扰较小的优点,可适用于各类河段的沿河路基,特别是对峡谷河段尤为适宜。护坦式基脚护坡适用于宽浅的山区开阔段、山前区变迁性河段。

参考文献:

- [1] 王亚玲,等. 弯道河床变形和凹岸防护范围的试验研究[J]. 西安公路交通大学学报,2000,(增刊).
- [2] 周玉利,等. 桥墩局部冲刷护坦防护的试验研究[J]. 西安公路交通大学学报,1999,(3).
- [3] 陕西省公路局,西安公路交通大学. 山区公路路基排水和水毁防治技术研究[R]. 1996.
- [4] 高冬光,等. 桥位勘测设计[M]. 人民交通出版社,2001.
- [5] 蒋焕章. 公路水文勘测设计与水毁防治[M]. 人民交通出版社,2002.

Apron Protection for Concave Bank Along River Subgrade of Mountain Area

WANG Ya-ling, ZHOU Yu-li

(Key Laboratory for Special Area Highway Engineering of Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: To counter apron protection for concave bank along river subgrade of mountain area, the protection mechanism and protection effects of the apron are studied from hydraulic analysis, that the top of apron should be lower than bed and the protection effect is relate to apron width B_H are presented, the design principle and the calculation method of apron protection are put forward. The design methods of the apron protection for concave bank along subgrade river are effective measures pass through practical application.

Key words: apron; subgrade protection; river side