

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2020.10.023

# 水毁重建漫水桥设计探讨

张继明<sup>1</sup>, 高雷<sup>1</sup>, 张龙伟<sup>2</sup>

(1.温州市交通规划设计研究院, 浙江 温州 325000; 2.台州市交通勘察设计院, 浙江 台州 318020)

**摘要:** 介绍某山区桥梁水毁情况, 分析其水毁原因, 总结经验教训, 提出了漫水桥结构设计要点, 作为类似桥梁结构设计的参考。

**关键词:** 漫水桥; 上下部结构连接; 流水压力

**中图分类号:** U442.5\*4

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2020)10-0084-03

## 0 引言

本文以山区某水毁桥梁重建设计为工程背景, 分析桥梁水毁原因, 总结经验教训, 提出了漫水桥的设计要求, 为类似桥梁结构设计提供参考。

## 1 水毁桥梁现场调查

因台风暴雨, 山洪暴发, 某山区农村公路桥梁发生水毁, 使得周边交通中断, 居民生产生活受到较大的影响, 急需恢复交通。受桥梁管理单位委托, 笔者赶赴桥梁水毁现场进行实地踏勘并调取桥梁管理数据, 以了解桥梁设计施工情况及水毁破坏特点, 并进行水毁桥梁的应急抢修设计, 尽快恢复周边交通。

根据调取的老桥档案, 水毁老桥属于大桥, 于1993年建成通车, 老桥桥跨布置为 $13 \times 8.6$  m, 桥梁全宽7.5 m, 上部结构为简支钢筋混凝土空心板, 下部结构墩台均为重力式墩台, 刚性扩大基础, 墩台基础均以卵石层为持力层。

根据周边居民描述, 受台风造成的山洪影响, 桥下河道台风暴雨期间水位暴涨并漫过桥面, 并有大量漂浮物如垃圾、树枝附着于桥梁钢护栏, 后随着水流流速加大, 桥梁发生垮塌。垮塌后桥梁现场情况见图1。

现场情况显示, 水毁桥梁桥墩已倒塌并解体, 上部结构主梁全部落入河道, 个别仍基本完好的桥墩其下游侧的挡块已发生破坏失效, 两岸桥台因顺接防洪堤, 仅台前出现较浅的冲刷坑, 桥台



图1 水毁桥梁现场照片

基本保持完好。

## 2 水毁原因分析

根据现场调查并结合后续的地质勘察资料进行分析, 该桥发生水毁的主要原因是台风暴雨期间, 山洪暴发, 河道水流速度较大, 且桥位处位于一易被冲刷的卵石地质, 使得老桥桥墩处河床发生过度冲刷, 浅基础桥墩抗冲刷能力差, 桥墩发生沉降、倾斜乃至倾覆, 进而导致上部结构梁板落入河道。

其次暴涨的洪水漫过桥面, 洪水夹杂的大量漂流物被钢护栏拦截, 桥梁迎水面阻水面积大增, 导致上部结构主梁承受了较大的流水压力, 此水流压力通过上部结构传递给下部结构桥墩墩帽处的挡块, 进而导致挡块破坏失效, 挡块失效后上部结构主梁失去约束, 进而落入河道。如以笔者拍摄站立处河岸起算为第一孔, 该孔墩台结构基本完好, 但桥墩下游挡块破坏失效, 导致主梁掉落, 见图2。

## 3 重建桥梁设计原则及要点

根据老桥水毁破坏情况, 老桥已无修复后投

收稿日期: 2020-03-31

作者简介: 张继明(1979—), 男, 学士, 高级工程师, 从事路桥设计工作。



图2 桥墩挡块破坏失效

入使用的可能性,须进行拆除重建,根据老桥破坏情况的调查,吸收、总结经验教训,提出了针对性的重建桥梁设计原则,受老桥处道路高程及道路两侧房屋出口高程的限制,重建桥梁桥面高程较老桥抬高的高度极为有限,根据周边居民描述台风期间洪水漫过桥面超过约1 m的描述,新建桥梁按漫水桥进行设计,设计要点及原则如下。

(1)根据前述老桥水毁原因分析,浅基础抗冲刷能力差,重建桥梁应采用抗冲刷能力较强的桩基础。

(2)应重视上下部结构可靠连接,设置可靠的连接构造措施<sup>[1]</sup>。

(3)应根据桥位地形及河道情况权衡桥梁的跨径布置。桥梁跨径应选择较小的跨径,减小上部结构主梁在洪水期间的阻水面积,减少作用在上部结构主梁及护栏上的流水压力,但跨径不宜过小,以免设立过多的桥墩导致桥墩阻水面积增大,引起河道一般冲刷深度过大。

根据上述原则,重建桥梁的上下部结构方案为:上部结构采用16 m标准跨径,跨径布置为7×16 m,上部结构主梁采用浙江省装配式预应力混凝土矮T梁标准图进行设计,下部结构桥墩采用柱径1.1 m,桩径1.2 m的桩柱式墩,因桥台周边紧邻房屋且桥台基本完好,故桥台采用老桥台地基注浆加固后利用的方案,采用此方案相关的设计及结构计算如下所述。

#### 4 流水压力计算

流水压力计算首先应计算得到水流的垂线流速分布规律,据此计算护栏、上部结构主梁、下部结构墩柱盖梁的流水压力。

因桥位处河岸采用浆砌块石挡墙护岸,现场河道断面呈规则的梯形,且河道较为顺直,故本文按明渠均匀流垂线流速分布计算水流的垂线流速分布规律<sup>[2]</sup>,在满足工程精度的前提下,本文选用指数分布公式描述流速沿垂线分布规律,指数分布公式如下。

$$u/u_* = (yu_*/v)^\eta$$

$$u/u_m = c(y/h_0)^n$$

式中: $u$ 为流速; $u_*$ 为摩阻流速; $u_m$ 为最大流速; $h_0$ 为水深; $y$ 为到渠底距离; $v$ 为运动粘性系数; $c$ 为常数; $\eta$ 、 $n$ 为指数, $\eta=1/5 \sim 1/8$ ,一般取 $\eta=1/6$ ; $n=1/6 \sim 1/10$ 。

结合本桥相关水文资料,经计算在水深 $h_0=7$  m的情况下水流流速沿垂线分布见图3<sup>[4-5]</sup>。

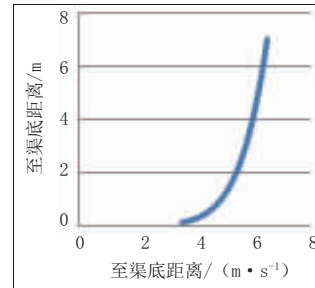


图3 水流流速沿垂线分布图

根据上述流速分布,按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)第4.3.9<sup>[3]</sup>条计算主梁、桥墩上的流水压力,经计算,在考虑护栏阻水的情况下—孔主梁上的流水压力为718.9 kN。

#### 5 墩台挡块设计计算

在主梁受流水压力作用下,桥墩挡块起到的作用与地震作用下挡块的作用类似,阻止主梁发生过大的水平位移甚至落入河道,故挡块的计算不可忽视。本次挡块计算按《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)第9.3.10条牛腿的计算的相关要求进行,因百年一遇洪水位发生概率较低,按偶然荷载考虑此时的流水压力,故传递到挡块上的流水压力取一孔主梁水流压力的标准值即718.9 kN。挡块计算内容为挡块裂缝控制、挡块局部压应力、挡块主筋配置。经计算挡块厚度不小于45 cm,挡块受拉主筋配筋面积不小于1 622 mm<sup>2</sup>,为控制挡块与主梁接触处的局部压应力,主梁和挡块见设置面积不小于300 mm×300 mm的橡胶垫块。

#### 6 桥墩结构在水流压力作用下的配筋计算

在洪水漫过桥面的情况下,桥梁上部结构主梁受流水压力最大,该流水压力通过挡块传递给桥墩,使得桥墩墩柱、桩基产生弯矩、剪力及轴向压应力,另外在水中的桥墩本身亦承受流水压力,因此对桥墩结构的验算是必要的。

计算时桩柱式桥墩按盖梁、墩柱、系梁、桩基形成一个框架考虑,地基土对桩基的约束及支撑作

用按节点弹性支撑考虑。本次计算采用桥梁博士3.6版建立有限元模型,几何模型见图4。

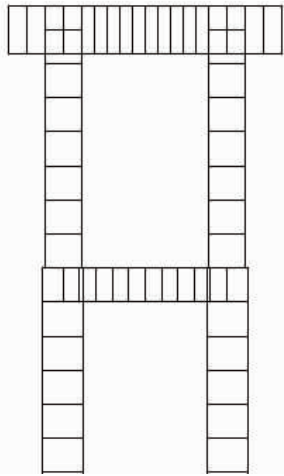


图4 桥墩有限元模型

全桥共计83个单元,模型中上部结构传递的水流压力按一个节点集中力及弯矩考虑,在漫水的情况下,桥上交通中断,故不再考虑汽车活载对桥墩的作用。

经计算,桥墩墩柱、桩基、盖梁的裂缝宽度满足规范限值,结构强度也可满足要求(见图5)。

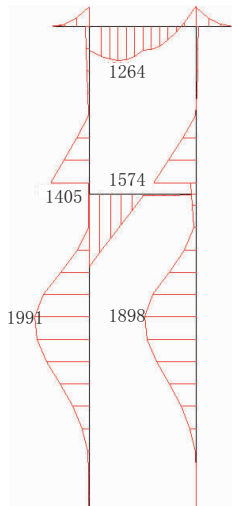


图5 桥墩最大弯矩包络图

受篇幅限值,不再一一列出桥墩框架计算图,其中系梁的强度、裂缝宽度不满足要求,但一般认为系梁作为地震时的耗能构件,理想情况下系梁与墩柱桩基形成“强柱弱梁”的情况,地震时在系梁处形成塑性铰,避免了墩柱桩基的破坏,故系梁仅需配置一定量的钢筋保持其延性即可,无需验算其强度及裂缝是否满足要求。本文认为在较大的流水压力的作用下,系梁亦发挥抗震时的作用,不要求其强度及裂缝满足规范要求,仅按构造配筋即可。

## 7 漫水桥相关构造措施

根据漫水桥的受力特点,其构造措施以减少流水压力、上下部结构进行可靠连接为主,具体措施如下。

(1)采用过水护栏,以减少护栏的阻水面积,为此采用了金属梁柱式护栏。

(2)主梁迎水的侧面安装分水尖,以改变主梁的形状系数,减少流水压力(见图6)。

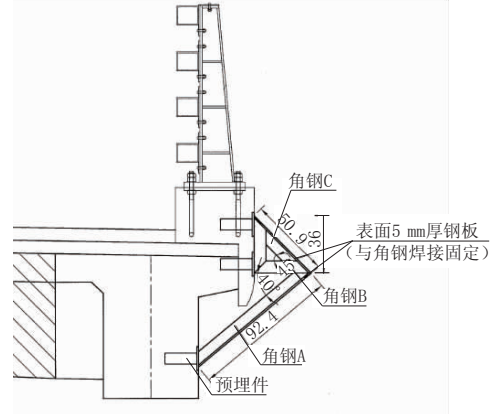


图6 分水尖结构示意图

(3)为加强上下部结构连接,设置了抗震锚栓,抗震锚栓在主梁连续墩处设置于主梁结构连续处,在非连续墩,设置于端横隔板现浇段处。

(4)因洪水期间漫水桥阻水面积较大,对水流的压缩作用也较为明显,导致河床面切应力剧增,引起剧烈的泥沙运动<sup>[4]</sup>,因此河床的一般冲刷等较一般桥梁更加剧烈,且桥位处地质以卵石为主,属易发生冲刷的地质,故应对河床的防冲刷构造设计格外重视。因此对利用的重力式桥台地基进行注浆加固,台前设置护坦进行防护,桥墩处在对老桥水毁期间的冲刷坑抛石处理后,设置浆砌片石铺砌进行防护。

## 8 结论

本文讨论了某山区漫水桥冲毁的原因,提出了新建漫水桥的设计原则、设计方案,进行了挡块构造、配筋的计算并对桥墩结构在流水压力作用下进行了验算,提出了漫水桥的相关构造措施,为类似桥梁的设计提供参考及借鉴。

### 参考文献:

- [1] 景天虎,李青宁.漫水桥上部结构与墩台连接构造设计[J].公路交通技术,2010(1):50-52.
- [2] 赵明登,槐文信,李泰儒.明渠均匀流垂线流速分布规律研究[J].武汉大学学报(工学版),2010,43(5):554-557.
- [3] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
- [4] JTG C30—2015,公路工程水文勘测设计规范[S].
- [5] 高冬光.桥涵水文[M].北京:人民交通出版社,2008.