

山丘平圩混合区高速公路水文分析研究

徐玲玲¹, 张巍², 周锋¹

(1. 江苏省水利工程科技咨询股份有限公司, 江苏 南京 210029;
2. 淮安市水利勘测设计研究院有限公司, 江苏 淮安 223005)

摘要: 高速公路水文分析是公路设计的基础工作, 是通过对沿线区域的设计洪水水位、流量进行分析计算, 为公路线位选择、路基设计提供依据。结合宜兴至长兴高速公路江苏段工程实例的特点, 介绍了山丘平圩混合区公路设计洪水位的计算方法, 为公路工程设计提供理论依据。

关键词: 混合区; 高速公路; 设计流量; 洪水位

中图分类号: TV12 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2018) 05-0031-04

Study on the hydrologic analysis of the expressway in the mixed area of hilly and plain polder area

XU Lingling¹, ZHANG Wei², ZHOU Feng¹

(1. Jiangsu Province Water Engineering Sci-tech Consulting Co., Ltd. Nanjing 210029, Jiangsu;
2. Huai'an Surveying and Design Institute of Water Resource Co., Ltd, Huai'an 223005, Jiangsu)

Abstract: The expressway hydrological analysis is the basic work of expressway design, which is based on the design of area along the flood water level, flow analysis, providing a basis for route selection, embankment design. Combining with the characteristics of the example of Jiangsu section project of Yixing-Changxing expressway, the calculation method of highway design flood level in hilly and plain polder area was introduced, and focused on the calculation method of flood level for expressway, which provided a theoretical basis for expressway engineering design.

Key words: mixed area; expressway; design flow; flood water leve

1 概述

山丘平圩混合区的高速公路在设计过程中, 路线选定及构造物布设主要受地形限制和沿线河流水文控制, 如何合理确定设计洪水位, 是高速公路设计的基础, 也是技术的难点。若片面增加设计标高, 则会造成工程的浪费; 若降低设计标高, 则会造成洪水对高速公路的破坏, 影响群众的生产、

生活^[1]。本文通过对沿线区域河、沟的设计洪水流量及设计洪水位进行水文分析计算, 为公路路线选择、路基设计提供依据。

2 山丘平圩混合区高速公路水文分析

2.1 平原、圩区水文分析方法

2.1.1 设计暴雨

收稿日期: 2017-11-23

作者简介: 徐玲玲 (1969-), 女, 本科, 高级工程师, 主要从事水利规划、水文水资源方面的工作。

平圩区一般独立汇水面积较小,一般选用临近的雨量站作为代表站,利用长系列点雨量资料,进行皮尔逊Ⅲ型频率曲线拟合,获得一定重现期的设计暴雨。挑选典型雨型,同频率放大得到设计暴雨过程,设计暴雨的控制时段一般取1 h、6 h、24 h。若无实测资料,则可通过《江苏省暴雨图集》(2005年)点雨量均值等值线图获得。

2.1.2 设计净雨

在计算设计净雨过程时,采用初损后损法扣损。其中最大24 h净雨计算中,根据江苏省以往径流站实测资料总经分析的经验值,只扣后损,后损采用1 mm/h。

2.1.3 平原区设计流量、水位

(1) 设计流量

考虑河道坡比大、集流快的特征,采用小汇水面积汇流方法计算集流过程。为充分反映各支流的汇流情况,采用先分块、后叠加的方法进行。

(2) 设计水位

采用水力学明渠非均匀流方法,根据多方案河道设计断面,推求多种洪水水面线,然后取其上包线为最终设计洪水水面线。

2.1.4 圩区设计水位

圩区水位采用水量平衡的方法,计算圩区滞蓄水深。圩区滞蓄水深=降雨历时内径流量-外排水量。

2.2 山丘区水文分析方法

2.2.1 路基水文分析

(1) 设计暴雨和设计净雨

根据独立汇水区的集水面积和比降计算汇流历时,由汇流历时确定计算时段,一般选择60 min、3 h、6 h、24 h和3 d雨量分析。其中短历时暴雨计算设计流量,控制路涵的设计规模,3 d雨量计算控制路基设计水位。山丘区考虑汇流速度较快、历时短,计算设计净雨时,不采用次降雨径流关系曲线,直接扣损^[2]。

(2) 产汇流计算

产汇流计算根据确定的沿线计算分区,按各分区汇水面积和干流比降进行产汇流的分析^[3]。

通过加权平均法计算干流冲沟的平均比降。从路基断面沿河道干流向上,一直量算到分水岭。按沿流程比降变化的特征点高程和距离,用下式加权平均法计算干流比降。

$$J = \frac{(Z_0 + Z_1)l_1 + (Z_1 + Z_2)l_2 + \dots + (Z_{n-1} + Z_n)l_n - 2Z_0L}{L^2} \quad (1)$$

《江苏省暴雨洪水图集》(1984年)推理公式: 主要根据汇水区域面积 F 、干流冲沟比降 J , 根据山丘区公式计算洪水汇流时间 τ , 其中 $\theta = F/J^{1/3}$ 。

当 $P > 5\%$ 时, $\tau = 2.1\theta^{0.34}$

当 $P \leq 5\%$ 时, $\tau = 1.6\theta^{0.34}$

再根据《江苏省暴雨图集》(2005年)中内插公式计算汇流时段设计暴雨量如下:

当 $10 \text{ min} < \tau < 1 \text{ h}$ 时, $H_{tp} = H_{1p} \times t^{1-n_{1p}}$

$n_{1p} = 1 - 1.2851 \times 1 \text{ g}(H_{1p}/H_{0.1667p})$

当 $1 \text{ h} < \tau < 6 \text{ h}$ 时, $H_{tp} = H_{1p} \times t^{1-n_{2p}}$

$n_{2p} = 1 - 1.2851 \times 1 \text{ g}(H_{6p}/H_{1p})$

当 $6 \text{ h} < \tau < 24 \text{ h}$ 时, $H_{tp} = H_{1p} \times t^{1-n_{3p}}$

$n_{3p} = 1 - 1.6610 \times 1 \text{ g}(H_{24p}/H_{6p})$

H_{tp} 为某一历史某一频率下的设计暴雨量, $H_{0.1667p}$ 、 H_{1p} 、 H_{6p} 、 H_{24p} 分别为10 min、1 h、6 h、24 h的某一频率下的设计暴雨量,单位为mm。

通过设计暴雨量扣除后损雨量,得出区间净雨量 R_τ 。

最大流量公式采用:

$$Q_M = 0.278 \frac{R_\tau}{\tau} F \quad (2)$$

$$W_{ti} = 0.1 R_{ti} F \quad (3)$$

$$T_i = \frac{W_{ti}}{0.18 Q_{mi}} \quad (4)$$

式中:

W_{ti} — τ 时段洪水量,可简化将 τ 取1 h。

2.2.2 路基溃坝洪水计算

溃坝洪水的计算,根据全国防洪重点中型水库评价计算公式。

(1) 土石坝溃口宽度计算

$$b = 0.1 K W^{0.25} B^{0.25} H^{0.5} \quad (5)$$

式中:

b —溃口宽度(m);

W —水库总库容(m^3);

B —主坝长度(m);

H —坝高(m);

K —经验系数,根据区域特点取用。其中,中型水库土石坝溃决宽度 b 一般在50~200 m左右,当计算 $b > 250 \text{ m}$ 时,取 $b = 250 \text{ m}$;当计算出 $b < B$ 时,取 $b = 0.8B$ 。

(2) 溃坝流量计算

$$Q_{\max} = \frac{8}{27} \sqrt{g} \left(\frac{B}{b} \right)^{\frac{1}{4}} b H_0^{3/2} \quad (6)$$

式中:

Q_{\max} —坝址最大流量 (m^3/s);

H_0 —溃坝前上游水深 (m)。

(3) 溃坝坝址处最大流量演进至坝址 L (m) 流程时的最大流量计算

$$Q_L = \frac{W}{\frac{W}{Q_{\max}} + \frac{L}{V_{\max} \times K}} \quad (7)$$

式中:

Q_L —距坝址控制断面最大溃坝演进流量 (m^3/s);

L —控制断面距水库坝址的距离 (m);

V_{\max} —特大洪水的最大流速,无资料时,山区统一取 4.0 m/s ,丘陵区取 2.5 m/s ,平原区取 1.5 m/s ;

K —经验系数,山区统一取 1.3 ,丘陵区取 1.0 ,平原区取 0.85 。

(4) 溃坝路基处设计洪水位计算

溃坝洪水后,路基设计洪水位计算根据溃坝水量,以及区间 24 h 产水量,根据地形和下游通畅情况,按设计标准下泄计算路基上游滞蓄水量,查路基上游库容曲线得路基设计洪水位。

2.2.3 堰流公式洪水位计算

堰上水头计算采用如下公式:

$$Q = \varepsilon m B \sqrt{2g} H_0^{3/2} \quad (8)$$

式中:

H_0 —堰上总水头 (m);

B —溢流宽度 (m);

m —实用堰流量系数;

ε —侧收缩影响系数。

3 应用实例

本文以宜长(宜兴至长兴)高速公路(江苏段)为依托,通过对沿线河流、沟、渠等流域的百年一遇设计洪水流量及设计洪水位进行水文分析计算,为公路路线、路基设计提供依据。

3.1 工程概况

宜兴至长兴高速公路江苏段是江苏省高速公路网规划中的“纵四”线路连云港经南京至宜兴高速公路的重要组成部分,起点接宁杭高速公路,

向南至苏浙省界接浙江杭长高速公路。该工程是宜兴结点的第二条省际出口,有助于完善宜兴结点的路网结构,增加宜兴南北向通道的通过能力,有助于促进苏南、浙北地区的经济联系和城际交往,推动长三角核心地区一体化进程的加速。

3.2 河流概况

宜兴至长兴高速公路江苏段位于太湖流域南溪水系中的桃屋溪片区,涉及的河道主要有宜兴的屋溪河(夏新河)、埝径河、桃溪河和张渚西河等。

3.3 水文分析计算成果

3.3.1 平原、圩区水文成果

(1) 屋溪河(夏新河)、埝径河百年一遇水位

线路跨屋溪河(夏新河)处百年一遇设计水位根据平原区河网模型计算结果,按河道断面推算线路跨埝径河处百年一遇水位约为 5.25 m 。

(2) 长万联圩内水位

该区域 24 h 百年一遇设计净雨为 293.3 mm 。线路穿过长万联圩,圩区面积约 10.21 km^2 ,地面高程约 $4.0 \sim 6.5 \text{ m}$,圩区周边设有万渚站2(排涝流量 $3.0 \text{ m}^3/\text{s}$)、后村站3(排涝流量 $1.6 \text{ m}^3/\text{s}$)、猪婆桥站(排涝流量 $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$)、胥藏站(排涝流量 $1.0 \text{ m}^3/\text{s}$)。按照区域 24 h 百年一遇设计暴雨 20 h 排干,周边4个泵站全天开机 20 h ,则外排水量为 48.1 mm 。

按圩区滞蓄水深计算设计水位约 4.25 m 。当发生大洪水时,外河水位高于圩内水位,应考虑破圩对圩内水位的影响。为安全计,圩区破圩直接采用埝径河百年一遇水位 5.25 m 作为路基设计水位。

3.3.2 山丘区水文成果

线路里程桩号 $K1+550 \sim K25+670$ 段为山丘区,沟洼相连,冲沟蓄水坝较多。

(1) 路基水文成果

本次进行路基水文分析时,沿线路走向,按地形变化划定对路基有影响的分片集水区(见图1),经分析全线小分区有56片,再按各分区确定对路基有影响的冲沟,根据冲沟汇流,提出合理的冲沟建筑物布置方案和位置,供设计部门参考^[4]。

如分析出1分区节点 $K1+550$ 百年一遇设计水位 5.24 m ,26分区节点 $K10+520$ 百年一遇设计水位 34.0 m 。

(2) 路基溃坝洪水计算成果

通过以上计算,可得路基溃坝洪水计算成果见表1。



图1 分区及冲沟示意图

表1 溃坝洪水计算成果表

冲沟号	水库名称	里程	设计洪水位 (m)	冲沟流量 (m ³ /s)	冲沟设计流速 (m/s)	冲沟设计水深 (m)	设计沟宽 (m)
9	胜山	K3+920	7.71	322.85	2.5	1.8	71.75
21	梅岭	K9+650	16.82	280.66	2.5	1.9	59.09
44	七里亭	K14+850	14.68	965.51	3.0	2.0	160.92
47	淦里	K18+280	43.65	378.39	2.5	1.9	79.66

(3) 堰流公式洪水位计算成果

23 分区下游有三级拦蓄坝, 计算时按堰流公式计算, 其他如 30 分区以下游道路拦蓄计算, 31 分区以横山路拦蓄计算。

23 分区, 冲沟沿线自西向东有三级坝, 其中对线路有影响的为一级坝和二级坝, 用堰流公式计算, 一级坝处堰上游水位高程为 42.5 m, 二级坝 (即线路跨越处) 堰上游水位高程为 38.40 m; 30 分区, 以下游道路滞蓄, 计算得下游道路处堰上游水位高程为 11.2 m。

4 结语

本文以宜兴至长兴高速公路江苏段工程为案例, 详细分析平原、圩区、山丘区 (包括路基水位计算、路基溃坝洪水计算和堰流公式洪水位计

算) 这几种不同下垫面情况下设计洪水流量和设计洪水位计算方法, 为公路路线、路基设计提供依据。同时, 也为类似该地区的山丘、平原、圩区混合区高速公路分析总结经验并提供参考, 具有现实意义。

参考文献:

- [1] 赖建. 浅谈高速公路大中桥水文计算分析过程[J/OL]. 建筑知识:1-2 (2016-06-17).
- [2] 焦臣, 刘群峰. 山区高速公路水文分析研究[J]. 公路交通科技, 2006 (11):102-104.
- [3] 陈中月, 朱俊, 朱永红. 公路中小桥涵水文分析计算[J]. 安徽建筑, 2009, 16 (06):87-88+92.
- [4] 王昕远. 山区高速公路路基设计[J]. 科技创新与应用, 2016 (23):247.