

中英桥面泄水口水力计算研究

肖磊, 李浩

(中交第二公路勘察设计研究院有限公司, 湖北 武汉 430000)

摘要: 以斯里兰卡南部高速延长线项目为实例, 按现行《英国桥梁设计手册》(HA102/00)为标准, 进行高速公路桥面格栅式排水设计。包括设计径流量、缘石排水沟允许水流流量、泄水口间距三个方面的中英规范对比分析, 并将《英国桥梁设计手册》(HA102/00)手册的排水设计方法以实例展示出来, 为研究两国标准差异提供依据。

关键词: 英国标准; 高速公路; 泄水口间距

中图分类号: U443.33

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)05-0169-03

0 引言

近年来随着国家“一带一路”政策的支持, 许多交通建设企业逐渐走向全球市场, 在各国基建领域承担着重要市场份额。目前, 在亚非地区英国公路设计规范仍被普遍接受, 因此, 对英国标准的学习具有重要意义。英国标准除大家熟知的BS系列, 另外如《道路桥梁设计手册》(DMRB)也是组成英国公路工程标准体系的核心内容^[1]。DMRB内容广泛、章节详细, 本文拟对《英国桥梁设计手册》(HA102/00)排水章节中^[2]与《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)^[3]进行对比研究, 了解两国规范在桥面泄水口水力计算方面的异同。

本文主要从设计径流量、缘石排水沟允许水流流量、泄水口间距三大方面入手, 进行计算理论的对比研究。并依托斯里兰卡南部高速延长线项目对《英国桥梁设计手册》(HA102/00)下桥梁排水设计方法进行展示, 对比分析两国规范的异同。

1 设计径流量

雨水经桥面汇流汇集在路侧缘石排水沟内, 应满足桥面上的设计流量 Q 小于缘石排水沟允许水流流量 Q_a 。

《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)中规定, 桥面设计径流量:

$$Q=16.67\psi q_{p,t}F \quad (1)$$

式中, $q_{p,t}$ 为设计重现期和降雨历时内的平均降雨强

度, mm/min; ψ 为径流系数; F 为汇水面积, km²。

《英国桥梁设计手册》(HA102/00)采用国际上通用的推理公式法计算流量与降雨强度的关系:

$$Q=CIA/3.6 \times 10^6 \quad (2)$$

式中: Q 为设计流量, m³/s; C 为径流系数, 取0.9 (适用于桥面排水); I 为平均降雨强度, mm/h; A 为汇水面积, m²。

经单位等值换算可以看出, 两个公式在同一量纲下是相同的, 即两者本质一样。《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)中对于缺乏自记雨量记载资料的地区 $q_{p,t}$ 根据5 a重现期和10 min降雨历时的标准降雨强度等值线图查表计算, 而《英国桥梁设计手册》(HA102/00)中 I 则根据5 a重现期和2 min降雨历时的标准降雨强度等值线图查表计算, $I=32.7(N-0.4)^{0.223}(T-0.4)^{0.565}(2 \text{ min M5})/T$, 其中 N 为重现期, T 为临界降雨历时, 一般可取5 min。对于降雨强度的计算, 虽有差异但基本都是该国根据各地区编制的标准降雨强度等值线查表换算而得。

对于降雨历时 T 与《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)分类相同, 可分成坡面汇流 t_1 和沟内汇流 t_2 。沟内汇流 t_2 的计算与《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)类似, $t_2=S_p/60V$, $V=2 \times Q/(B^2S_e)$ (其中 S_p 为格栅间距, B 为汇流宽度, S_e 为沟内横坡)。但对于坡面汇流 t_1 , 《英国桥梁设计手册》(HA102/00)直接给出建议值3 min, 而《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)有相应公式计算, 且计算结果一般小于3 min。

2 缘石排水沟允许水流流量

《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)对于单一

收稿日期: 2020-10-15

作者简介: 肖磊(1991—), 男, 硕士, 工程师, 从事桥梁勘察设计相关工作。

横坡的浅三角形沟的泄水能力计算,按如下公式进行:

$$Q_a = 0.377 \frac{1}{i_h n} h^{\frac{8}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中: h 为过水断面水深, m; i_h 为过水断面横向坡度; n 为沟壁粗糙系数; I 为水力坡度, 此处可采用沟段的平均水面坡降。参数关系示意如图 1 所示。

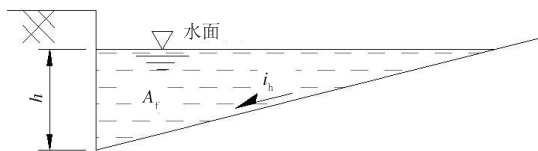


图1 缘石排水沟过水断面

《英国桥梁设计手册》(HA102/00)中规定

$$Q_a = (A_f R^{2/3} S_L^{1/2}) / n \quad (4)$$

式中: A_f 为横断面汇流面积; R 为水力半径; S_L 为纵向坡度; n 为沟壁粗糙系数。将《英国桥梁设计手册》(HA102/00)公式按《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)参数进行换算得到:

$$Q_a = \left\{ \frac{1}{2^{5/3} [i_h + (1+i_h^2)]^{1/3}} \right\} \frac{1}{i_h n} h^{\frac{8}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

若按路肩横坡 4% 计,《英国桥梁设计手册》(HA102/00) $Q_a = 0.303 \frac{1}{i_h n} h^{\frac{8}{3}} I^{\frac{1}{2}}$, 略小于《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)算法。但对于沟壁粗糙系数 n 的取值:《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)对沥青路面(光滑)取 0.013、沥青路面(粗糙)取 0.016,《英国桥梁设计手册》(HA102/00)相应取值为 0.017、0.021。对 Q_a 计算的结果看来也较为保守。

另外,顺路缘石的水流不应超过允许的宽度,宽度过大可能会引发交通事故。《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)要求设置拦水带汇集路表水时,高速公路及一级公路的设计积水宽度不得超过右侧车道外边缘。《英国桥梁设计手册》(HA102/00)要求,对于 5 a 一遇降雨情况,最大汇流宽度对于道路硬路肩不大于 1.5 m、行车道不大于 1.0 m。

3 泄水口间距

《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)中泄水口间距布置受流量、格栅总长、单个格栅长、积水宽 4 个因素限制^[4],根据以上四种不同的限定因素可以算出四种泄水口间距,再根据情况选定设计泄水口间距。

对单个格栅长控制下设计开口式泄水口:设计

泄水量应根据开口长度 L_i 、低凹区的宽度 B_w 、下凹深度 h_a 以及过水断面的纵向坡度 i 和横向坡度 h 确定,可查取规范中截流率(Q_0/Q_a)的参考值后,按过水断面泄水能力 Q_a 确定其设计泄水量 Q_0 ,过水断面图如图 2 所示。格栅孔口所需的最小净长度为 L_g :

$$L_g = 0.91 v_g (h_i + d)^{0.5} \quad (6)$$

式中: v_g 为格栅宽度范围内水流平均流速, m/s; d 为格栅栅条的厚度, m。

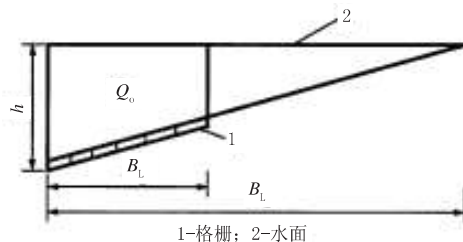


图2 格栅式泄水口过水断面示意图

而《英国桥梁设计手册》(HA102/00)则是首先对格栅类型进行分类,根据格栅铁条布置形式、格栅面积及其占汇流面积比分为 5 类: P 型、Q 型、R 型、S 型、T 型。不同类型引入格栅类型参数 G_d 来计算截流率 η :

$$\eta = 100 - G_d (Q/h) \quad (7)$$

根据纵坡是否单一,将相邻格栅之间的最大允许间距计算分为两类:

(1) 对于纵向坡度单一的情况,相邻格栅之间的最大允许间距为 S_p 与流量相关:

$$S_p = (3.6 \times 10^6 Q \frac{m\eta}{100}) / W_e I \quad (8)$$

式中: Q 为缘石排水沟允许水流流量, m^3/s ; m 为维护系数(维护频率一般可取 $m=0.9$); η 为截流率; W_e 为有效集水宽度, m; I 为设计降雨强度。

(2) 对于纵向坡度变化的情况, S_p 的计算与汇流面积相关, $S_p = A_a / W_e$, 其中实际汇水面积 $A_a = A_{dr} (50/I) / m k_n$, 其中 A_{dr} 为标准降雨强度下 (50 mm/h) 的汇流面积:

$$k_n = \frac{0.017/n - (1 - \eta/100)(0.017/n)^2}{\eta - 100} \quad (9)$$

4 实例计算

本文以斯里兰卡南部高速延长线项目为例,进行《英国桥梁设计手册》(HA102/00)桥面排水设计介绍。

该项目设计标准为:道路为 A 级,设计速度为 120 km/h,路基设计宽度为 24.4 m,路面结构为沥青混凝土路面。选取其中一桥为例计算,桥面净宽

10.45 m,横坡 2.5%,纵坡 S_L 为 2.718%/1.563%。曼宁粗糙系数 n 取 0.017,维护系数 $m=0.9$ 。

根据该地区的降雨等值线可知 $2\text{ minM5}=4.5\text{ mm}$,重现期 $N=5$,取降雨历时 $T=5\text{ min}$,可算得降雨强度 $I=98\text{ mm/hr}$ 。假定使用 R 型格栅,查表可知对应 $G_d=60(\text{s/m}^2)$ 。

首先,5 a 重现期下,最大汇流宽度 $B=1.0\text{ m}$,计算得缘石排水沟允许水流流量 $Q_a=4.9\times 10^{-3}\text{ m/s}$ 。对于起点段纵坡 $S_L=2.718\%$,查表可知,汇流面积 $A_{dr}=390\text{ m}^2$,截流率 $\eta=84\%$,实际汇水面积 $A_a=390\times (50/98)\times 0.9\times 1.0=179\text{ m}^2$,最大允许间距为 $S_p=179/10.45=17.1\text{ m}$ 。

根据格栅间距反算汇流时间复核 $T=5\text{ min}$ 是否合适: $V=2\times 390/(1^2\times 2.5\%)=0.514\text{ m/s}$, $t_2=17.1/60/0.514=0.6\text{ min}$, $T=3+0.6=3.6\text{ min}\notin [4\text{ min}, 7\text{ min}]$ 。因而建议按 $T=4\text{ min}$ 再次进行试算,得到: $I=107\text{ mm/hr}$, $A_a=164\text{ m}^2$, $S_p=15.7\text{ m}$ 。

同样的,对于终点段纵坡 $S_L=1.563\%$ 的情况: $A_a=130\text{ m}^2$, $S_p=12.4\text{ m}$ 。

因此,设计可按 $S_p=10\text{ m}$ 均匀布设格栅泄水口。相应地,设计流量 $Q=0.9\times 107\times 10.45\times 10/(3.6\times 10^{-6})=2.8\times 10^{-3}\text{ m/s}<Q_a$,满足设计要求,因而泄水口间距取 10 m 是合适的。

在纵坡变化的桥面排水,《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)也可利用试算^[5]的方法来确定桥面泄水孔的间距,本文不再赘述。

5 结 论

(1)两国规范对于设计径流量计算理论一致,仅在于降雨强度的取值有所差异。特别地,关于汇流时间《英国桥梁设计手册》(HA102/00)取值较大。

(2)关于缘石排水沟允许水流流量的计算,两国规范的影响因子、量纲也相同,仅仅在于常量系数有差异,《英国桥梁设计手册》(HA102/00)取值略小。

(3)泄水口间距计算方面差异较大,《公路排水设计规范》(JTG/T D33—2012)受流量、格栅总长、单个格栅长、积水宽四个因素限制。《英国桥梁设计手册》(HA102/00)计算时,已经对格栅类型及积水宽进行了假设进行计算。

参考文献:

[1] 周紫君,付宇,张亚.英国《道路与桥梁设计手册》及其应用介绍[J].中外公路,2014,(2):6-8.
[2] HA102/00, Design Manual for Roads and Bridges[S].
[3] JTG/T D33—2012,公路排水设计规范[S].
[4] 周振华. 高速公路桥面格栅式泄水口 4 种控制间距与设计取值探讨[J].公路,2015(1):203-208.
[5] 张卓.竖曲线内桥面排水设计[J].长安大学学报,2004(24):45-47.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com