

浅谈公路桥涵抗冻设计

曹景凯

中国市政工程西北设计研究院有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11703

[摘要] 作者在总结多年从事桥梁勘察、设计、咨询、审查工作的基础上,介绍了桥涵结构物抗冻设计的主要步骤与内容,对结构物抗冻设计措施进行了整理、归纳,在此基础上提出了将抗冻设计纳入到耐久性设计之中的建议,该建议立意新颖,具有一定的可操作性,供桥梁设计人员在设计工作中参考、借鉴。

[关键词] 公路; 桥涵; 抗冻设计

中图分类号: F540.4 **文献标识码:** A

A Brief Discussion on Frost Resistance Design of Highway Bridges and Culverts

Jingkai Cao

China Municipal Engineering Northwest Design and Research Institute Co., Ltd.

[Abstract] Based on years of experience in bridge survey, design, consulting, and review, the author introduces the main steps and contents of frost resistance design for bridge and culvert structures. The anti freezing design measures for structures have been sorted and summarized, and based on this, a suggestion to incorporate anti freezing design into durability design has been proposed. This suggestion is innovative and has certain operability, providing reference and inspiration for bridge designers in their design work.

[Key words] highway; bridges and culverts; Frost resistant design

引言

《季节性冻土地区公路设计与施工技术规范》JTG/T D31-06-2017(以下简称《冻土规范》)第1.0.2条明确规定,季节性冻土地区二级及二级以上公路新建与改扩建工程必须进行抗冻设计。抗冻设计包括路基、路面、桥梁、涵洞、隧道等公路构造物。然而在实际的桥梁设计审查、咨询工作中发现,桥涵构造物抗冻设计一是考虑问题不周,二是根本没有考虑,其原因是部分设计人员对抗冻设计重视不够,或是无从下手,尤其是南方设计单位的桥涵设计人员,由于当地不属于季节性冻土地区,故从未接触过结构物抗冻问题。当承接我区公路桥涵设计任务时,由于设计习惯也未考虑抗冻设计。桥梁设计中抗冻设计是否准确到位,直接关系到桥梁本身的安全与可靠性,务必引起我们高度重视。以往桥梁抗冻设计方面考虑问题不周的案例不少,教训深刻。

结构抗冻设计是指在设计确定的冻融环境条件和正常养护、正常使用条件下,结构物在设计使用年限内长期或始终保持其安全性和适用性的能力。过去的桥涵设计是基于荷载作用下的结构设计,主要关注承载力是否满足要求,而现在的设计还要考虑环境作用下的结构耐久性设计、抗震设计、抗冻设计,有时还要考虑抗风设计等。

本人在总结多年从事桥梁勘察、设计、咨询、审查工作的基础上,就公路桥涵结构物抗冻设计措施进行了整理、归纳,供桥梁设计人员在设计工作中参考、借鉴^[1]。

1 结构物抗冻设计的主要步骤与内容

1.1 确定冻结指数

冻结指数为工程所在地不少于10年的年内平均温度中的负温度累计值中的最大值。外业调查期间应在工程所在地的气象部门收集冻结指数,当无气象资料时,可按《冻土规范》附录表A-1或附录图A-1确定。

1.2 确定冻土分区

季节性冻土地区约占我国国土面积的53.3%,各地区冰冻程度不一,对混凝土结构物冻害影响不同,抗冻设计时需要采取的措施也不相同。为了区分冻害程度,《冻土规范》依据冻结指数,对季节性冻土地区进行了冻区划分(重冻区、中冻区、轻冻区)。设计人员应根据冻结指数对照《冻土规范》表3.2.2确定工程所在地的冻土分区。

由《冻土规范》附录图A-1可知,我区均为季节性冻土地区,其中南疆地区为轻冻区,北疆地区为中冻区,北疆地区的青河县、富蕴县、巴里坤县北部、天山中西部山区为重冻区。

1.3 确定采用引气水泥混凝土和引气砂浆

对于C60以下的水泥混凝土,适量的引气是目前提高水泥混凝土抗冻性能较为经济有效的措施。引气除可以提高水泥混凝土的抗冻性(包括抗盐冻性)、耐腐蚀性等耐久性外,还可以提高水泥混凝土的抗弯强度,有利于水泥混凝土的韧性。因此,《冻土规范》第4.1条规定,季节性冻土地区公路工程应采用抗冻水泥混凝土和抗冻水泥砂浆,抗冻水泥混凝土和抗冻水泥砂浆宜采用引气水泥混凝土和引气水泥砂浆。

1.4 确定冻融环境等级

混凝土结构劣化与冻融环境密切相关,而冻融环境又与冻融循环次数、饱水程度、冻结温度、是否含有氯盐等有关。研究表明,冻融循环次数引起的冻害大于冻结温度。水泥混凝土的冻融环境等级根据结构物所在的年有害冻融循环次数多寡按《冻土规范》表4.2.1确定(从D1到D7共分7个环境抗冻等级)。

1.5 确定混凝土的抗冻等级

水泥混凝土抗冻等级不同,对引气混凝土、引气砂浆的技术要求也不同。水泥混凝土的抗冻等级应根据水泥混凝土结构所处的冻融环境等级和结构设计使用年限,按《冻土规范》表4.3.1确定(从F100到F400共分8个抗冻等级)。

1.6 对引气混凝土、引气砂浆的技术要求

(1) 引气混凝土的技术要求(最低强度等级、最大水胶比、拌合物含气量、硬化水泥混凝土的气泡间距系数、单位体积的胶凝材料用量、浆体体积等)应满足《冻土规范》表4.3.2-1、4.3.3、4.3.4、4.3.5的要求。

(2) 引气砂浆的技术要求(抗冻等级、强度等级、胶砂比、水胶比、拌合物含气量)应满足《冻土规范》表4.3.6的要求。

1.7 对原材料的技术要求

水泥、活性矿物掺合料、粗、细集料、水、外加剂等原材料的技术要求应满足《冻土规范》第4.4条的要求^[2]。

2 结构物抗冻设计措施

2.1 上部结构构造及排水

(1) 重冻区、中冻区的中小跨径桥梁宜选用实体T梁、板梁等结构,如图1所示。



图1 预制T梁

(2) 空心板梁底及箱梁内隔板两侧底板应预留直径不小于50mm的排水孔,以防梁底积水冻胀出现裂纹,如图2所示。



图2 预制箱梁

2.2 桥面排水

水是诱发结构物劣化的主要媒介,应设置完善的防排水系统和设施,避免雨水、融雪水积存在桥面以及下渗进入铺装层及梁体内部,是结构物抗冻设计的重要内容之一。

(1) 铺装沥青混凝土桥面时,应对其下的水泥混凝土表面进行凿毛处理,除去表面浮浆、污物。桥面宜与路面同步采用机械铺装,确保施工质量。

(2) 桥面横坡不宜小于1.5%,纵坡不宜小于0.75%。当桥面处在超高缓和段时,其合成坡度有可能较小,应采取调整路线平面位置,或调整桥位等措施,避免上述不利状况的出现。

2.3 桥面铺装层

(1) 对于我区二级及二级以上公路,按《冻土规范》第6.7条要求,桥面沥青混凝土铺装层厚度不宜小于8cm。其它等级的公路,按《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015(以下简称《规范》)第3.7.3条规定,沥青铺装层厚度不宜小于50mm。桥面沥青铺装层与水泥混凝土铺装层之间应设计防水层,材料及技术指标要求应按《城市桥梁桥面防水工程技术规程》CJJ 139-2010和《道桥用防水涂料》JC/T 975-2005的相关要求执行。

(2) 对于我区二级及二级以上公路,按《冻土规范》第7.3.2条第2款要求,桥面水泥混凝土铺装层厚度应不小于100mm,混凝土强度等级应不小于C40,抗渗等级应不小于W8。在混凝土铺装层内设置直径不小于8mm,间距不大于100mm的双层钢筋网。其它等级的公路,按《规范》第3.7.4规定,水泥砼桥面铺装厚度不宜小于80mm,混凝土铺装层强度等级不小于C40,钢筋网设置要求同上。

2.4 泄水管

(1) 泄水口顶部应采用格栅盖板,其顶面应比周围桥面铺装低5~10mm。泄水管伸入铺装结构内部的部分应做成空隙状,以利铺装层结构内部水的排出。

(2) 泄水管周围的缝隙应填塞环氧树脂砂浆或聚氨酯等高分子密封胶材料,并人工捣实。

(3) 按《公路排水设计规范》JTG/T D33-2012第7.1.5、7.1.6条要求,泄水管内径不宜小于15cm,排水管内径应大于或等于泄水管的内径,纵向排水沟的坡度不得小于0.5%(纵坡值越大越好)。

2.5 伸缩缝

伸缩缝预留槽宜采用纤维水泥混凝土或聚合物水泥混凝土封闭。当采用钢纤维水泥混凝土时，钢纤维掺量应为 $94\text{kg}/\text{m}^3$ ；当采用聚丙烯纤维水泥混凝土时，聚丙烯纤维掺量应为 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 。

2.6 护栏

由于水泥混凝土护栏下半部直接接触融雪剂，腐蚀较为普遍且严重。为避免腐蚀现象的发生，应在护栏内表面涂抹具有憎水性能的辛基三烷氧基硅烷膏体材料。硅烷膏体涂抹量 $300\text{g}/\text{m}^2$ ，材料及技术性能应符合《桥梁混凝土表面防护用硅烷膏体材料》JT/T 991-2015的规定。

2.7 支座

应根据地区气温条件选用相应的橡胶支座。 $-25\sim+60^\circ\text{C}$ 地区可选用氯丁橡胶支座； $-40\sim+60^\circ\text{C}$ 地区可选用三元乙丙橡胶支座或天然橡胶支座。

2.8 下部结构构造

宜加大水泥混凝土轻型桥台台身结构厚度，并设置防裂钢筋网，截面面积按《公路圬工桥涵设计规范》JTG D61-2005第6.1.10条的要求，在水平方向和竖直方向均不小于 $250\text{mm}^2/\text{m}$ （相当于5根直径8mm的钢筋），并注意在桥台正面、背面均需设置防裂网钢筋。

当采用U型桥台时，前墙及侧墙表面应设置防裂钢筋网，设置要求同上。

当采用薄壁墩台时，由于薄壁墩台身水平方向的应力沿高度方向有变化，且下边缘三分之一高度范围内拉应力最大，因此在墩台拉应力较大的高度范围内水平布置横向钢筋，间距要密一些，而在其他中间、上边缘三分之一高度范围内，横向钢筋的间距可以疏一些，建议根据钢筋的不同直径按表1进行设置：

表1 薄壁墩台横向钢筋间距 (cm)

墩台高度范围		下边缘三分之一	中间三分之一	上边缘三分之一
钢筋 直径	$\phi 10$	6	9	12
	$\phi 12$	7	10	13
	$\phi 14$	8	11	14
	$\phi 16$	9	12	15

2.9 基础埋深

位于冻胀土层的桥梁基础，盖板涵涵身及洞口基础，箱涵及圆管涵洞口两端不小于2m范围内的涵身基础，应将基底埋入设

计冻深以下不小于25cm。设计冻深应按《冻土规范》式(7.2.1)确定。这里需要注意的是，最大冻深、标准冻深、设计冻深的概念是不同的。最大冻深是指在空旷野外、地表裸露平坦的不冻胀黏性土冻深观测站，实测历年冻土冻深的最大值；标准冻深是指实测不少于10年的年最大冻深平均值；设计冻深是指考虑土的类别、土的冻胀性、环境、地形坡向、基础等对标准冻深影响后的冻深。许多设计人员对此认识模糊，常见的错误是“基础埋深在最大冰冻线以下25cm”。

3 结语

桥梁抗冻设计所采用的措施繁杂，历史渊源，现阶段又有许多新技术、新材料、新设备、新工艺不断涌现。对于一般的中、小跨径的梁(板)桥，采用的抗冻设计手段毕竟有限。总结以往的设计经验，尤其是采用的经实践证明效果良好的能提高结构物抗冻性能的工程措施，并加以补充、完善与提高，在所承担的桥梁设计中积极采纳，冻融环境对桥涵结构的冻害作用就可以明显减轻。

本人认为，以上桥涵抗冻设计是从狭义的观点出发，采用的措施只是针对结构物本身。从广义上讲，结构物抗冻设计从属于耐久性设计，两者不可人为分开。在以往的桥梁病害调查中发现，桥面混凝土铺装开裂，护栏横向裂缝，梁的腹板、肋板纵向裂缝，薄壁、U型桥台竖向裂缝，刚架拱接点损坏等较为普遍。在这些病害中，很难区分哪些是冻害引起的，哪些是耐久性不足引起的。事实上，以上病害的发生，往往是冻害和耐久性不足共同影响而产生，只是难以定量区分而已。如果将抗冻设计纳入到耐久性设计中，不仅概念明确，同时桥涵设计人员更容易理解和掌握防范措施。

以上仅是本人的一些浅薄认识，谬误之处在所难免，敬请各位同仁批评指正^[3]。

[参考文献]

[1]季节性冻土地地区公路设计与施工技术规范:JTG/T D31-06-2017[S].

[2]公路工程混凝土结构耐久性设计规范:JTG/T 3310-2019[S].

[3]公路桥涵设计通用规范:JTG D60-2004[S].

作者简介:

曹景凯(1993--),男,汉族,山东嘉祥人,本科,工程师,从事桥梁工程研究。