

箱型桥风局部特性的数值分析及热对流系数的修正

吴孝琪 李凤武 陈兰*

华南理工大学土木与交通学院

DOI:10.12238/btr.v3i9.3390

[摘要] 采用风场有限元分析方法研究了箱型桥表面周围的环境风场的特性。开篇介绍风场数值计算基本理论与方法;再建立某大跨砼连续刚构箱梁桥梁截面有限元模型并对其作风场有限元计算;最后分析箱梁表面风场特点。有限元分析结果表明箱梁外层周围的风速不同于来流风速,箱梁外层顺风和逆风处周围的风速错综复杂,与来流风速同向(或反向)的箱梁外层风速分布相对稳定。在表面外法向1米高度范围内的风速变化比较复杂。除顶板上表面以外,场地来流风速均大于其它表面垂向距离处的风速。根据风场局部特性以及现实项目中风速可测量的特点,宜通过表面垂向距离处风速的修正系数计算热交换系数。

[关键词] 箱型截面; 风场数值分析; 局部风特性; 热交换系数

中图分类号: TU37 **文献标识码:** A

服役中的桥梁时刻与外部环境以对流和辐射的形式进行热量交换,使得桥梁温度具有明显的时变性和空间不均匀分布性。流经结构表明的风速是影响对流热交换的关键因素,为了确定风速对热交换的影响,国内外学者对此开展了大量的工程实测与试验研究。研究表明对流换热系数和风速呈线性关系。张建荣等人就基于风洞试验测定了混凝土表面对流换热系数。考虑风速在建筑迎风面或背风面存在明显差异,美国的ItoN等人在实际场地测试了某结构外层对流换热系数。桥梁不同表面风向和速度存在明显甚至完全相反的差异,目前采用场地风速来计算所有表面热交换系数的方法与实际情况出入较大,给桥梁温度效应的分析和评估带来较大误差和不确定性。因此,明确桥梁表面风局部特性并分析其对热对流的影响,提出基于风局部特征参数的热交换系数计算方法,具有重要的工程实用意义。

本文采用数值模拟的方法分析大跨混凝土连续刚构梁桥主梁截面的外表面局部风场特性,提出一个用于热交换系数计算的桥梁表面风局部特性的特征风速,该方法便于工程应用,使得桥梁温度效应分析更符合工程实际。

1 风场数值分析方法

目前,研究建筑风场特性主要有现

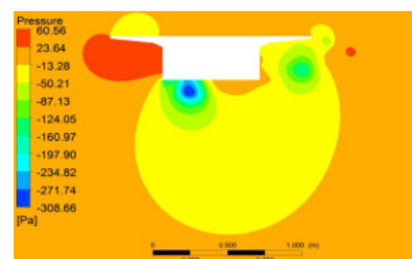
场实测法、风动试验模拟法和CFD有限元模拟法三种方法。CFD采用集合在一起的离散单元去替代连续域上流动单元的场,再将离散单元上场变量之间的关系通过一定的原则建立起相应的流体动力学控制方程组,经过求解方程组,获得流场物理量场的近似值。基于有限元方法的风场数值分析在计算机上可进行不同场地类型、足尺结构和多工况的风场模拟,计算效率高、成本低和准确可信。

基于FLUENT软件进行风场数值分析,首先,需要确定对网格划分和计算域的大小。网格品质取决于网格种类和划分尺度。网格分为两种:结构化和非结构化。大型繁琐结构可采用分区块划分网格,灵活使用结构和非结构网格。网格尺寸不是越小越好,在满足计算精度前提下,大网格尺寸根有利于计算。因此,合适的网格类型和尺寸能在计算效率和精度中找到最佳平衡点,较好地满足分析需求。本文基于主流计算流体力学软件FLUENT进行箱型截面的风场数值模拟。

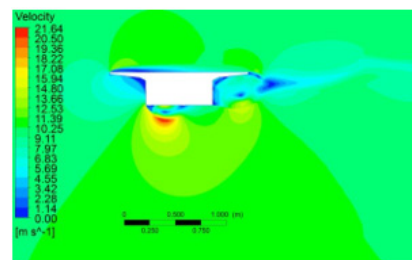
2 数值模型的建立

本文对某大跨砼连续刚构箱梁桥梁截面进行风场有限元模拟。建立1:10缩尺比的二维模型,以减少网格分割和提高计算效率。设置足够大外边界区域来避免风场分离涡对外边界的影响和减小计算域

尺寸壁面风压。为了分析箱型截面风场的局部特写,核心区域为圆形并采用非结构网格。计算截面取的长方形范围(h-截面高度;b-截面宽度),计算截面左端离梁截面,右端离截面,上下均相差。基于软件ICEM CFD14.0,采用混合网格划分的方式,在核心区加密并采用非结构网格划分。采用湍流模型,湍流强度为,粘性系数取,来流速度为。采用速度入口、压力出口和上下界面为无滑移壁面的边界条件。



(a) 速度云图



(b) 压力云图

图1 箱型截面计算域内的流场特征

3 计算结果与分析

3.1箱梁表面附近流场分析。图1给出了风攻角为0°时箱型截面计算域的风速和... 梁截面周围风速和... 比较复杂。从风速云图可以看出梁翼缘下部和腹板一定范围内的风速均匀, 高于某范围风速浮动较大, 截面尖角处风速浮动尤为剧烈。对于桥面附近风压, 西侧翼缘和腹板的正风压值较大; 顶板左侧、底板左侧、东侧翼缘和东侧腹板上部存在负风压值, 且底板左侧的负风压非常大; 顶板、底板和东侧腹板存在正负风压的梯度变化。

3.2箱梁表面法向风剖面。箱梁各外表面垂向距离内的风剖面如图2所示。侧面风面顶板表面风速在垂向距离时趋于稳定并接近来流风速, 但底板由于侧向板的干扰作用而产生涡流, 风速变化复杂。背风面的东侧腹板法向1m高度内的风速均未达到稳定, 棱角处的风速变化较大。迎面风面西侧腹板在垂向距离内渐渐平稳, 棱角处的风速变化明显。同一表面各位置的风剖面也存在较大差异。

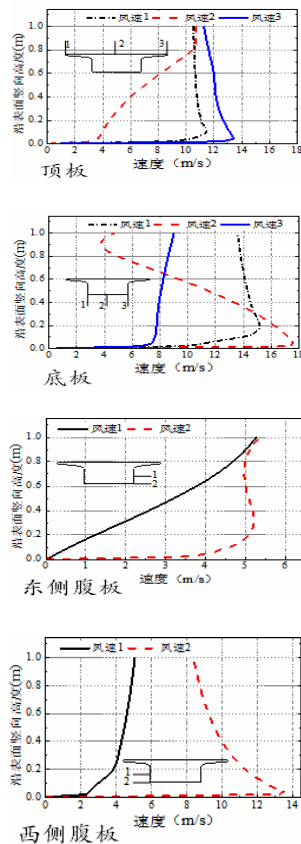


图2 各外表面垂向距离1m内的风剖面

3.3混凝土箱梁表面风速变化。基于桥梁风场有限元模拟数据, 对箱梁外表面垂向距离和处风速在与外层平行方向上的分布进行了分析, 如图3所示。侧面风面的顶板与底板在距离和处的风速较为稳定; 距离顶板处, 风速变化幅度相对较小, 距离处风速变化幅度反而较大。距离底板和处, 因腹板干扰产生涡流, 风速出现较大的浮动。位于背风面的东侧腹板, 受尾流影响, 风速比较紊乱。距离迎风面西侧腹板内, 从腹板加腋处至底部风速逐渐加大, 而距离以上的风速较为稳定。

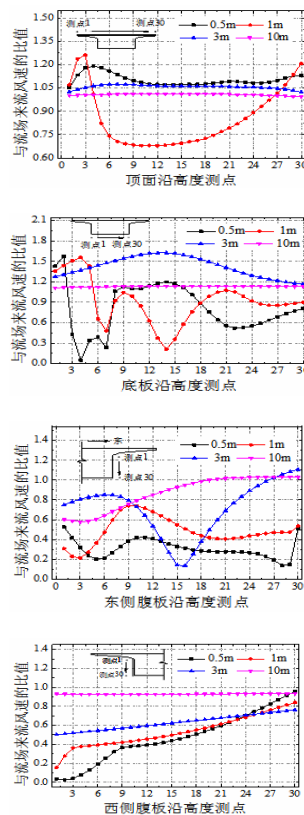


图3 各表面不同垂向距离上平行风速变化风场数值分析结果表明3m以上高度的风速基本稳定, 但近表面的风速受局部风场影响较大。桥梁与外部环境的热对流的热交换系数主要与流经表明的风速有关, 因此采用表面附件的局部风速更为合理。箱梁截面风场的局部特征复杂, 有必要对用于计算对流换热的风速进行修正。考虑表面附近风速的局部特点, 本文建议用于计算对流换热的局部风速的修正系数取为高度处的平均风速

与来流风速之比。针对本文分析的箱型截面, 各表面风速的修正系数见图4。

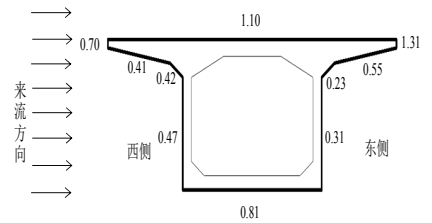


图4 箱型截面各表面风速修正系数

4 结论与讨论

(1)对某混凝土箱型主梁截面的风场进行数值分析, 结构表面附近风场波动性大, 局部紊乱特征明显。与来流风速平行的表面(侧面风面)风场分布相对比较平稳, 距离及以上的风速趋于稳定; 迎、背风面, 尤其是截面转角附近, 紊乱特别明显。(2)计算所有表面的热对流交换系数的传统方法差异于现实情况, 根据风场的局部变化特征以及现实项目中风速可测量的特点, 宜通过各表面垂向距离处的平均风速与场地风速的比值作为修正系数, 计算热交换系数。

[参考文献]

[1]Kehlbeck F,刘兴法.太阳辐射对桥梁结构的影响[M].北京:中国铁道出版社,1981.
[2]Saetta A, Scotta R, Vitaliani R. Stress Analysis of Concrete Structures Subjected to Variable Thermal Loads [J].Journal of Structural Engineering, 1995,121(3):446-457.
[3]张建荣,刘照球.混凝土对流换热系数的风洞实验研究[J].土木工程学报,2006,(09):39-42.
[4]Ito N, Kimura K, Oka J. Field experiment study on the convective heat transfer coefficient on exterior surface of a building[J].Ashrae Transactions,1972,78(1).
[5]靖洪森,廖海黎,周强,等.一种山区峡谷桥址区风场特性数值模拟方法[J].振动与冲击,2019,38(16):200-207.
[6]樊东升,傅瑜.2019年度中国卒中研究重要进展巡礼[J].中华脑血管病杂志(电子版),2020,14(02):62-69.