

高墩大跨变高连续刚构桥温度场研究

郭钢江

(上海市政工程设计研究总院集团浙江市政设计院有限公司, 浙江 杭州 310000)

摘要: 为了分析研究大跨径桥梁在运营过程中不均匀温度分布情况,以某主跨 160 m 的高墩大跨连续刚构桥为背景,考虑夏季、冬季的太阳照射、对流热交换、辐射热交换与日大气温度变化等因素,通过 ANSYS 软件进行全桥三维温度场模拟分析。分析结果表明:《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)中对混凝土桥梁竖向温度梯度比桥梁实际运营时偏小,对于昼夜温差较大的山区等,在日后设计中可以酌情提高竖向温度梯度值。

关键词: 大跨连续刚构桥;温度梯度;温度场

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2021)03-0140-03

1 工程概况

桥梁总图布置如下:

总体:某公路桥梁为(102.75+160+160+102.75)m 预应力混凝土高墩变高连续刚构桥,中墩和次边墩采用双肢薄壁结构,并与中横梁固结,边墩采用支座形式。

上部结构:为大挑臂单箱单室截面,梁顶宽 12.0 m,梁底宽 6.0 m;中墩和次边墩处梁高 9.5 m,主跨、次边跨和边跨跨中梁高 3.3 m,梁高按抛物线变化过渡。主跨、次边跨和边跨跨中截面见图 1。

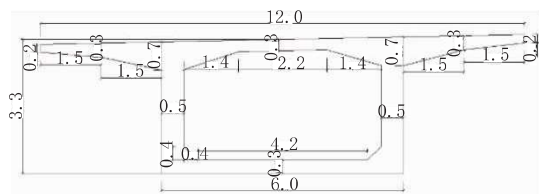


图1 跨中截面(单位:m)

下部结构:中墩和次边墩(双肢薄壁)高度约 46 m,壁厚 2.2 m,两肢中心距为 8.0 m。

2 桥梁温度场概述

2.1 影响桥梁温度变化的因素概述

混凝土桥梁的温度场主要受以下几个方面的影响:桥位处气候变化、桥位处地形地貌特征和桥梁结构自身的几何特性。

桥梁温度的变化本质上通过三种方式实现^[1]:
(1)太阳辐射。桥梁结构在太阳直接照射下,吸收传

递过来的部分辐射。(2)辐射换热。桥梁吸收周围物体发出的热辐射的同时,桥梁自身也向外界发出热辐射。(3)对流换热。由于桥梁表面与相邻周围环境的温度差异,造成热量从温度高的一侧传递到温度低的一侧,产生热交换。

2.2 基于 ANSYS 温度场分析介绍

桥梁相邻周边环境温度场是在不断变化中的,对桥梁的影响也是在不断变化中的,因此桥梁自身的温度场是一个复杂非线性问题。借助 ANSYS 的非线性分析功能^[2-3],建立全桥三维实体元分析模型。鉴于全桥实体模型计算量庞大,且跨径对称,温度场结果也对称,因此在保证计算准确度的情况下,模型采用 1/2 全桥长度,见图 2。综合考虑太阳辐射、辐射换热和对流换热对桥梁的影响,较精确地模拟桥梁一段时间内变化的温度场。



图2 ANSYS 全桥实体元模型

3 桥梁温度场分析

3.1 夏季桥梁温度场分析

桥梁考虑桥位处夏季一天 24 h 内的温度场变化,顶板、底板 24 h 温度场分别见图 3、图 4,夏季下午关键时刻的腹板高度范围内的温度场变化见图 5。

夏季温度场计算表明:

(1)顶板外表面 24 h 内最大温差为 21.5℃,其中

收稿日期:2020-10-11

作者简介:郭钢江(1987—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

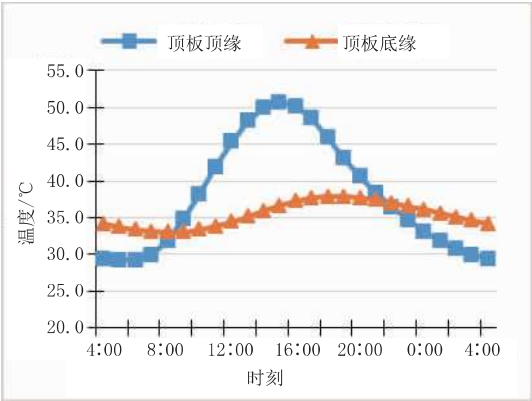


图3 顶板24 h温度场

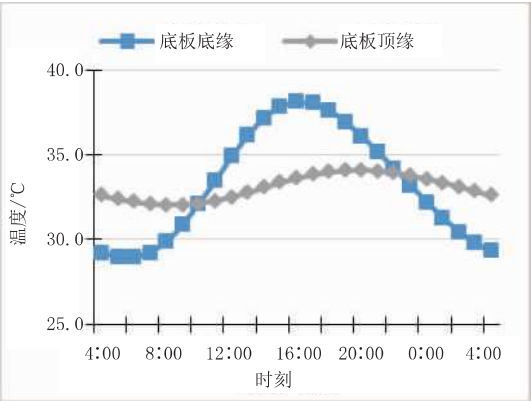


图4 底板24 h温度场

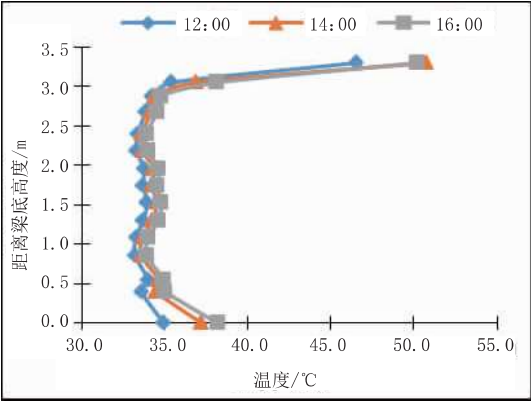


图5 腹板下午时刻温度场

一天内最高温度出现在15点左右,温度为51℃。

(2) 底板外表面24 h内最大温差为10.4℃,其中一天内最高温度出现在16点左右,温度为38.5℃。

(3) 由于箱梁内表面未直接受到太阳辐射,因此温度变化相对要小很多;顶板内表面24 h内最大温差为5.0℃;底板的内表面24 h内最大温差为2.0℃。

(4) 由于桥梁混凝土传热能力较差,顶板、底板厚度范围内温度场发生了较大变化。

(5) 腹板竖向温差较大,顶板外表面向下400 mm范围内,24 h最大温差为16℃,底板外表面向上

500 mm范围内,24 h最大温差为4.7℃。

3.2 冬季桥梁温度场分析

桥梁考虑桥位处冬季一天24 h内的温度场变化,顶板、底板24 h温度场分别见图6、图7,冬季下午关键时刻的腹板高度范围内的温度场变化见图8。

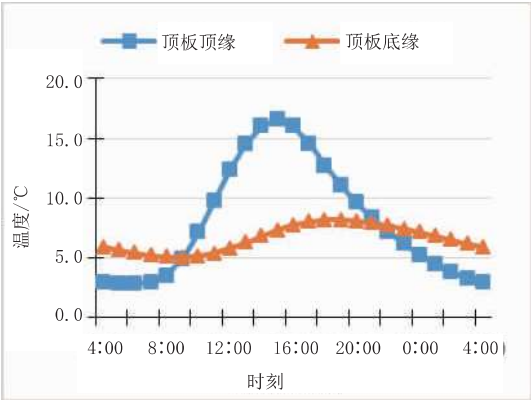


图6 顶板24 h温度场

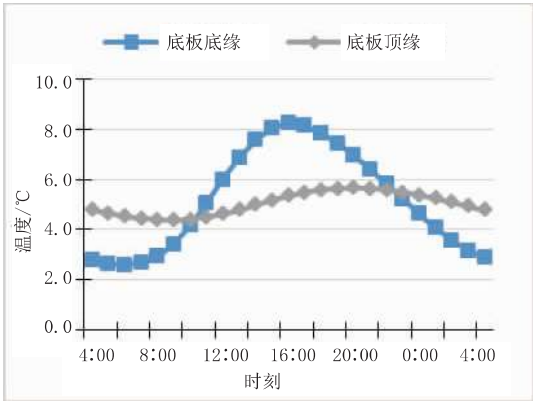


图7 底板24 h温度场

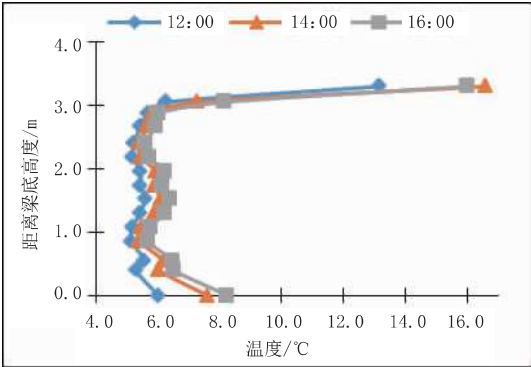


图8 腹板下午时刻温度场

冬季温度场计算表明:

(1) 顶板外表面24 h内最大温差为13.5℃。

(2) 底板外表面24 h内最大温差为6.2℃。这是由于冬季太阳辐射强度没有夏季强,太阳辐射对梁体的升温作用相对夏季要小。外顶板向下40 cm温差最大达到10.7℃,外底板向上50 cm温差最大为3℃。

(3) 由于箱梁内表面未直接受到太阳辐射,且冬

季整体温度变化低于夏季,因此冬季箱梁内表面温度场分布和变化与夏季大致相同,只是温度的极值不一样。

(4)由于桥梁混凝土传热能力较差,顶板、底板厚度范围内温度场发生了较大变化。

(5)由于冬季太阳辐射效应没有夏季强,因此腹板竖向温度场较夏季变化小,顶板外表面向下 400 mm 范围内,24 h 最大温差为 10.7℃,底板外表面向上 500 mm 范围内,24 h 最大温差为 3.0℃。

4 结 语

通过 ANSYS 对夏季、冬季两个桥梁运营过程中经历的极端温度场进行非线性瞬态热传导分析,结论如下:

(1)被太阳辐射直接作用的桥梁表面,表面温度较其他部位高,且由于混凝土传热能力较差,桥梁梁

体内部对外界热辐射的反应滞后;夏季与冬季虽然整体外围环境辐射强度不同,但温度场在桥梁内部的分布规律大致相同。

(2)夏季与冬季沿腹板高度分布的温度梯度与我国《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)中规定的竖向温度梯度不同,规范中顶板最大温差是 14℃,而夏季温度场分析的最大温差为 16℃;规范在距离顶板以下 500 mm 外范围内,没有温差效应,而夏季温度场分析所求的最大温差为 4.7℃,冬季为 3.0℃,且未考虑极端恶劣天气影响,因此建议在对大型桥梁设计时,酌情提高温度梯度的幅值,保证桥梁运营过程中耐久性要求,防止温度裂缝的出现。

参考文献:

- [1] 杨世铭.传热学[M].北京:高等教育出版社,1998.
- [2] 薛守义.有限单元法[M].北京:中国建材工业出版社,2005.
- [3] 孔祥谦.有限单元法在传热学中的应用[M].北京:科学出版社,1998.

(上接第 139 页)

物联网、云计算、大数据、人工智能等方面的标准规范;

(2)在充分利用现有标准体系成果的基础上,针对隧道行业特点和现有标准体系的不足,加以必然的完善,并补充必要的新标准。

3.9 管理制度体系

建立完善的管理制度体系,包括管理制度、管理机构、人员管理、系统建设管理和系统运维管理。安全管理和运维应满足网络安全等级保护 2.0 对管理方面的要求。

以云计算平台上线正式运行后的常态化安全保障工作为目标,针对自评、测评、审计、检查、加固等各服务环节,建立适合智慧地下道路系统系统管理

运维的常态化检测和安全服务机制。

4 结 语

智慧地下道路系统系统的建设不是传统系统那样的“烟囱式”布局,不能依靠设备堆砌方式来实现,而是需要有统一的、开放的、适应技术发展的系统架构。在新兴技术的推动发展下,智慧地下道路系统的发展前景广阔,潜力巨大,将有效的提升隧道体验者的服务水平和隧道运营管理者的管理水平。

参考文献:

- [1] 蔡文海.智慧交通实践[M].北京:人民邮电出版社,2018.
- [2] 中国电子技术标准化研究院.云计算标准化白皮书[Z].2014.
- [3] 曾磊,王少飞,何旭春,等.智慧型隧道的概念、架构及其关键技术[J].现代隧道技术,2016,53(4):1-8.