

摘要:结合温度对 U 形梁的受力状态有很大影响的现实,分析了温度对测点应变的影响,研究了某轨道交通 U 形梁 1:1 静载试验的温度数据,在此基础上提出了适用于 U 形梁的局部升(降)温模式。

关键词:U 形梁,温度模式,局部升(降)温,静载试验

## 0 引言

混凝土桥梁构件的表面与内部各点的温度随时都在变化,自然环境条件变化所产生的温度差效应,一般可以分为日照温差效应,骤然降温温度效应及年温度效应 3 种类型。其中年温度效应和骤然降温温度效应属于整体升(降)温效应,而日照温差效应属于局部升(降)温效应。局部升(降)温效应对 U 形梁的影响与箱梁、T 梁有很大不同,本文主要研究此种作用。为了方便,以下温度模式均指局部升(降)温模式,温度效应均指局部升(降)温效应。

桥梁结构与外界的热交换和桥梁内部的热传导是十分复杂的现象,一般来讲,梁体内任一点  $i$  的温度  $T_i$  是坐标  $x, y, z$  和时间  $t$  的函数,即  $T_i=f(x, y, z, t)$  是一个三维传导问题。现场实测资料分析表明:在桥长度方向的温度分布一般总是接近的,可以略去桥长方向温差的微小影响。在梁高较小时,竖直方向的热传导远远大于水平方向,可以略去水平方向上很小的热传导,近似用竖直方向的一维传导状态来分析;对于梁高较大的箱梁,若忽略脚隅附近复杂的热传导状态,则可近似地用竖直和水平两个方向各自的一维导热状态分别计算,然后再叠加起来。于是,三维热传导的复杂问题转化为一个较简单的一维热传导问题,即:

$$\alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

文献[1]和文献[2]均根据上述简化方法分析温度效应,将复杂的三维传导问题转化为较为简单的一维传导问题,采用的温度模式为双折线模式。

箱梁和 T 梁都是封闭截面,桥面板挡住了阳光直射入截面内部,一维的双折线模型具有很好的适用性,基本可以满足要求。但 U 形梁为开口截面,腹板和底板均能直接接受光照,如果仍采用上述双折线温度模式会带来很大的偏差,本文以某轨道交通 U 形梁 1:1 静载试验为工程背景研究适用于 U 形梁的温度模式。

## 1 试验简介

某轨道交通线路高架区间正线采用标准跨径为 25 m 的单线小 U 形结构,该结构为后张法预应力混凝土 U 形筒支梁。为了检验后张法预应力混凝土 U 形筒支梁的强度、刚度和承载能力等指标是否满足规范和设计要求,由同济大学桥梁系对一孔标准跨径为 25 m 的后张法预应力混凝土 U 形筒支梁进行结构的静载试验。

图 1 为预应力混凝土 U 形筒支梁立面和测试截面布置图。该 U 形筒支梁梁高为 1.8 m,梁宽为 5.205 m,底板厚为 0.28 m,腹板厚为 0.26 m。

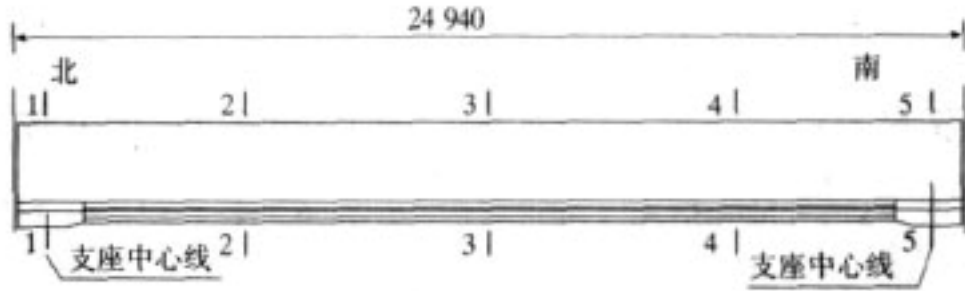


图1 U形筒支梁立面和测试截面布置图

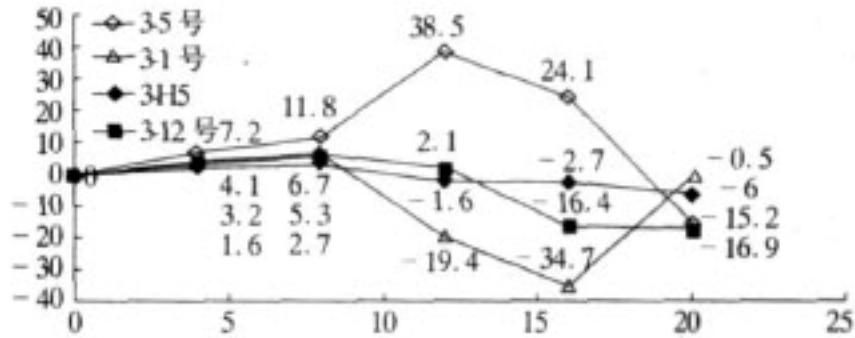


图2 U形梁跨中截面测点应变随时间变化曲线

## 2 温度对应变的影响

图2为温度对测点应变的影响曲线,为某日0:00,4:00,8:00,12:00,16:00,20:00 1号,5号,12号,H5四个测点以当日0:00应变为基点的应变随时间变化曲线。

分析图2中数据,1号测点全天应变变化最大值为38.5,换算成应力为1.64 MPa;5号测点为-34.7,换算成应力为-1.48 MPa;12号测点为-16.4,换算成应力为0.70 MPa;H5测点为-6.0,换算成应力为-0.25 MPa。同时,各个测点应变受温度影响的趋势不同,5号测点位于U形梁腹板,可以直接接受光照,全天应变变化幅度最大达到38.5。而H5测点位于U形梁底板,不能直接接受光照,全天应变变化幅度最大为-6.0。

可见,温度对U形梁应变影响很大,并且这种影响与测点位置有关。正确选取温度模式,对于设计工作具有重要的指导意义。

## 3 温度模式

选取连续观测8d的温度数据,求得这8d 0:00,4:00,8:00,12:00,16:00和20:00温度的平均值如表1,表2所示。

表1 3-1号~3-11号测点平均温度

℃

时刻	3-1号	3-2号	3-3号	3-4号	3-5号	3-6号	3-7号	3-8号	3-9号	3-10号	3-11号
0:00	13.5	13.8	13.9	15.5	15.3	15.0	14.3	15.0	13.8	12.4	13.5
4:00	11.4	11.7	12.0	13.6	13.3	13.4	12.3	13.2	13.1	11.2	12.5
8:00	11.1	11.3	11.3	13.6	12.1	12.3	12.0	12.1	12.6	10.8	12.1
12:00	17.1	17.1	15.6	19.0	13.9	14.3	15.3	14.3	12.6	13.3	15.0
16:00	19.7	19.2	18.1	21.1	17.2	17.0	17.0	18.1	13.6	15.0	15.6
20:00	16.4	16.5	16.3	18.0	17.1	16.5	16.3	16.7	14.2	14.1	14.8



表 2 3-12号~3-H5测点平均温度 ℃

时刻	3-12号	3-13号	3-14号	3-15号	3-16号	3-H1号	3-H3号	3-H5号
0:00	13.3	13.2	12.7	13.7	14.5	13.7	14.1	12.8
4:00	12.1	12.5	11.6	12.6	13.0	12.2	12.6	11.6
8:00	11.1	11.8	10.8	11.8	12.0	11.4	11.8	10.9
12:00	13.1	12.8	12.3	13.2	13.1	14.4	13.6	12.6
16:00	15.1	14.0	14.4	14.9	15.7	16.8	16.2	14.5
20:00	14.9	14.0	14.2	14.7	15.8	15.5	15.8	14.2

表 3 3-1号~3-11号测点温度变化幅度表 ℃

时刻	3-1号	3-2号	3-3号	3-4号	3-5号	3-6号	3-7号	3-8号	3-9号	3-10号	3-11号
0:00	2.5	2.5	2.6	1.9	3.2	2.7	2.3	2.8	1.2	1.6	1.4
4:00	0.3	0.4	0.7	0.0	1.3	1.0	0.3	1.1	0.5	0.4	0.4
8:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12:00	6.0	5.8	4.3	5.5	1.8	1.9	3.2	2.2	0.0	2.5	2.9
16:00	8.6	7.9	6.8	7.5	5.1	4.7	5.0	6.0	1.0	4.2	3.5
20:00	5.4	5.2	5.0	4.4	5.1	4.2	4.3	4.6	1.6	3.3	2.7

表 4 3-12号~3-H5测点温度变化幅度表 ℃

时刻	3-12号	3-13号	3-14号	3-15号	3-16号	3-H1号	3-H3号	3-H5号
0:00	2.2	1.4	1.9	1.9	2.5	2.4	2.3	1.9
4:00	1.0	0.6	0.8	0.8	1.0	0.8	0.7	0.7
8:00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12:00	2.0	1.0	1.6	1.4	1.1	3.1	1.8	1.7
16:00	4.0	2.1	3.6	3.1	3.7	5.4	4.3	3.6
20:00	3.8	2.2	3.4	3.0	3.8	4.2	4.0	3.3

计算全天6个时间点温度的方差分别为 0:00:0.698;4:00:0.504;8:00:0.469;12:00:3.073;16:00:4.025 和 20:00:1.347。可见,每日 8:00 梁体各测点的温度最接近,每日 16:00 温度变化最大。以 8:00 作为每日温度基点,求出全天各时刻温度变化幅度,见表 3,表 4。

U 形梁属于简支结构,纵向可以自由变形,整体升降温对结构受力的影响不大。但是局部升温对结构的影响较大,本试验选取 16:00 作为最大局部升温时刻,将各个测点的数据分析综合后,做出 U 形梁局部升温的温度模式图,见图 3。



图 3 U 形梁不均匀升温的温度模式图

腹板内侧和外侧均能接受光照,选取一个温度梯度。底板上侧可以接受光照而下侧不能,所以选取两个温度梯度。

#### 4 结语

文献[1]和文献[2]用的一维双折线温度模式较好地适用于箱梁、T 梁等闭口截面,U 形梁属于开口截面,腹板和底板均能接受光照,若仍采用一维双折线模型会带来较大的偏差。本文根据某轨道交通 U 形梁 1:1 静载试验收集的温度数据,以每日 8:00 为基点,16:00 作为最大局部升温时刻,得到适用于 U 形梁的二维温度模型,为设计工作提供重要参考。

参考文献:

[1]JTG D60-2004,公路桥涵设计通用规范[S].

[2]TB 10002.1-2005,铁路桥涵设计基本规范[S].



- [3]项海帆,姚玲森.高等桥梁结构理论[M].北京:人民交通出版社,2001:128-132.
- [4]范立础.预应力混凝土连续梁桥[M].北京:人民交通出版社,1988:203-207.
- [5]宋志刚,邓 波,金凌志.体外预应力加固简支梁的实际应用[J].山西建筑,2007,33(6):1-2.

