

倒箱形截面门式框架斜桥顶板底面斜向裂缝成因分析

卢江波, 方鸿, 戴小冬

(湖南省交通规划勘察设计院有限公司, 湖南 长沙 410008)

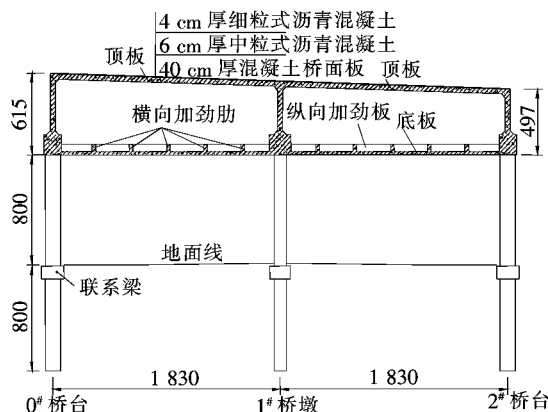
摘要: 针对某两跨倒箱形截面门式框架斜桥 1[#] 墩附近顶板底面在通车两年后出现的斜向裂缝现象, 采用 Ansys 分析软件建立三维实体有限元模型进行裂缝成因分析。计算结果表明: 裂缝产生的原因是箱梁腹板外侧的空箱室和绿化带将腹板与外界隔离, 导致整体升/降温时顶板与腹板有温差, 顶板底面存在附加温度应力。

关键词: 斜桥; 框架结构; 裂缝成因; 温度应力; 热传递

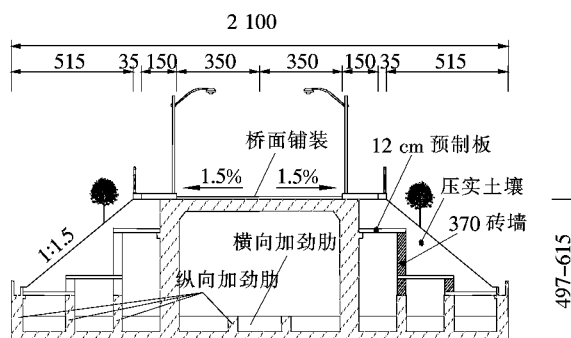
1 工程概况

某两跨倒箱形截面门式框架钢筋混凝土斜桥, 跨径布置为 2×18.3 m, 如图 1 所示, 斜交角 25° , 门式框架结构净高 8.0 m, 顶部建筑高度为 4.97~6.15 m; 下

部结构采用桩柱式墩台, 其中桥台位置柱直径 1.2 m, 墩柱直径 1.0 m, 桩基础分别采用 1.2 m 和 1.0 m 人工挖孔桩; 主梁采用倒箱形钢筋混凝土截面, 其中底板设置纵横向混凝土加劲肋; 桥面布置为 7 m 行车道, 行车道两侧各布置 5.15 m 绿化带、0.35 m 护栏以及 1.5 m 人行道。主梁与下部桥墩固结。



(a) 门式框架斜桥立面布置



(b) 箱梁横断面

图 1 门式框架斜桥桥型布置图(单位:cm)

门式框架斜桥在通车运营 2 年后, 1[#] 墩左侧 5 m 范围内及右侧 8 m 范围内顶板底面出现斜向裂缝(裂缝位置有白色结晶物生成), 如图 2 所示。考虑该桥为斜桥, 空间效应较为显著, 采用通用有限元软件 Ansys 15.0 建立三维实体有限元模型进行分析, 以期得到顶板底面斜裂缝产生的确切原因, 为该桥的维修加固提供科学依据。

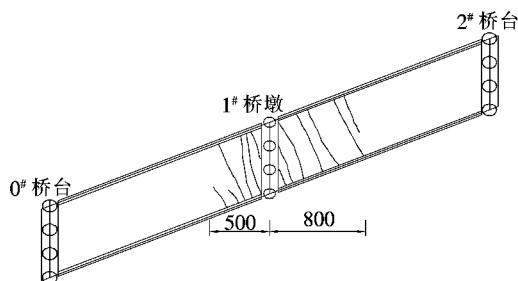


图 2 顶板底面裂缝分布(单位:cm)

收稿日期:2018-12-10

作者简介:卢江波,男,博士,E-mail:hniatc1987@163.com

2 计算模型建立

(1) 有限元模型建立

门式框架斜桥实体有限元模型如图 3 所示,桩底固结,模型尺寸均按现场实测结果给定。斜桥上部钢筋混凝土结构采用分离式建模方式,混凝土和钢筋采用不同的单元处理,其中混凝土采用 Solid45 实体单元(图 3),钢筋采用 Link8 3D 杆单元模拟,不考虑钢筋与混凝土之间的滑移。底板翼缘上方的预制板、砖墙以及植被绿化等以荷载形式进行模拟。

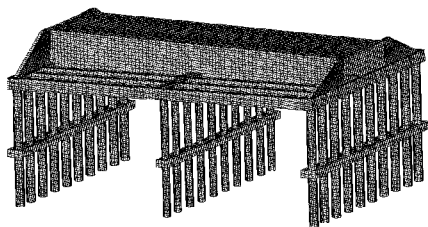


图 3 门式框架实体有限元模型

钢筋与混凝土的材料特性按 JTG D62—2004《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》进行取值,材料特性如表 1 所示。

表 1 混凝土及钢筋的材料特性

材料	密度 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	弹性模量/ MPa	泊松比	线性膨胀 系数/($1/^\circ\text{C}$)
混凝土	2 600	3.25×10^4	0.2	1.0×10^{-5}
钢筋	7 800	2.10×10^5	0.3	1.2×10^{-5}

(2) 计算参数

实体有限元模型中的相关计算参数如下:

恒载:结构自重+底板翼缘上方的预制板、砖墙、绿化带+桥面二期铺装以及人行道板、栏杆等。

活载:城—B 级车辆荷载+人群荷载。

梯度温度:按相关规范取值,梯度温升时,桥面板表面的最高温度 $T_1 = 14^\circ\text{C}$,桥面板下 100 mm 位置 $T_2 = 5.5^\circ\text{C}$;梯度温降为正温差乘以 -0.5 。

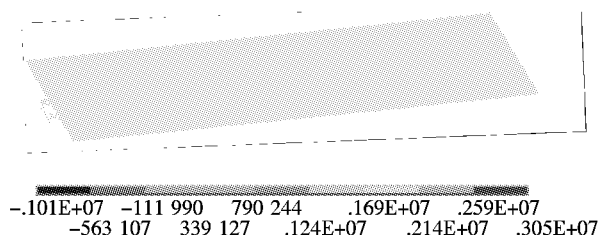
墩台沉降:根据实际检测结果,无明显迹象表明墩台出现沉降,因此,计算中不考虑墩台沉降。

整体温升/温降: $\pm 25^\circ\text{C}$ 。

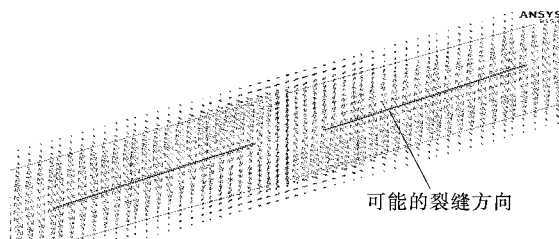
根据以上各单项荷载作用下,1#墩位置主梁顶板底部的应力计算结果,确定 1#墩位置顶板底面受力最不利荷载组合为:恒载+活载+整体温降 25°C +梯度温升。

3 计算结果分析

最不利组合作用下顶板底面主拉应力及其方向如图 4 所示,黑色区域混凝土主拉应力超过抗拉强度设计值(2.4 MPa),但是这些区域与裂缝实际分布区域(图 2)不符,而且根据主拉应力方向绘制的可能裂缝方向也与实际裂缝方向不符,此外,1#墩附近顶板底面主拉应力较小,这表明:除恒载、活载、整体温度以及梯度温度等作用外,必然存在某个未考虑到但对顶板底面应力影响很大的作用。



(a) 顶板底面主拉应力(单位:Pa)



(b) 顶板底面主拉应力方向

图 4 最不利组合作用下顶板底面主拉应力及其方向

由图 1(b)箱梁横断面可以发现,箱梁腹板与外界被纵向加劲肋、砖墙和预制板形成的空箱室以及绿化植被隔开,考虑到空箱室以及绿化植被的隔热效果,箱梁在整体升降温过程中,箱梁的顶板和腹板之间应该存在一个温差。

该文取 10°C 温差进行分析,具体为整体温升时,顶板升温 25°C ,腹板升温 15°C ;降温时,顶板降温 25°C ,腹板降温 15°C 。新的最不利荷载组合为:恒载+活载+整体温降(顶板腹板考虑 10°C 温差)+梯度温升。

新最不利组合作用下顶板底面主拉应力及其方向如图 5 所示。由图 5(a)可知:多区域混凝土主拉应力超过抗拉强度设计值(2.4 MPa),并且 1#墩附近区域主拉应力明显超过混凝土的抗拉强度设计值,最大达到 4.19 MPa,而且根据主拉应力方向绘制的可能裂缝方向也与实际裂缝方向吻合。单独考虑整体降温顶/

腹板温差作用下顶板底面主拉应力及其方向如图 6 所示。由图 6(a)可以看出:在该单项荷载作用下,1#墩附近区域的主拉应力超过了混凝土抗拉强度设计值(最大达到 3.5 MPa),并且其可能裂缝方向也与实际裂缝方向吻合。但考虑到实际情况中主梁顶板与腹板的温差不一定达到 10℃,故可认为造成 1#墩附近主梁顶板底面斜向裂缝是由恒载、活载、梯度温度以及顶/腹板不均匀温升等联合作用造成的,其中绿化带及腹板外侧空箱室阻碍腹板与外界热传播,导致整体升降温时顶板与腹板存在温差,进而使得顶板底面出现附加温度应力,导致顶板底面出现斜裂缝。

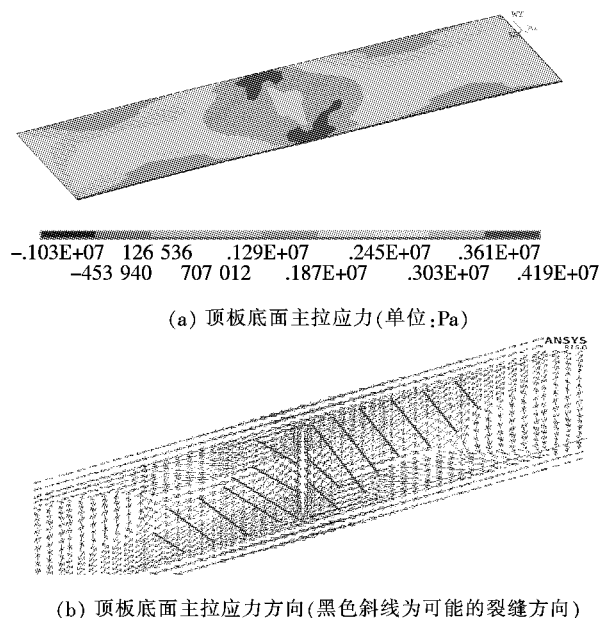


图 5 新最不利组合下顶板底面主拉应力及其方向

与原最不利组合一样,新最不利组合作用下也有部分区域主拉应力超限(图 5),但实际检测中并未发现这些区域裂缝的存在,原因是计算中各项作用均采用极限状态,实际上,过去 2 年的运营过程中,这些作用可能未达到极限状态或者所有作用未同时达到极限状态。

4 结论

通过建立三维实体有限元模型,对某两跨倒箱形

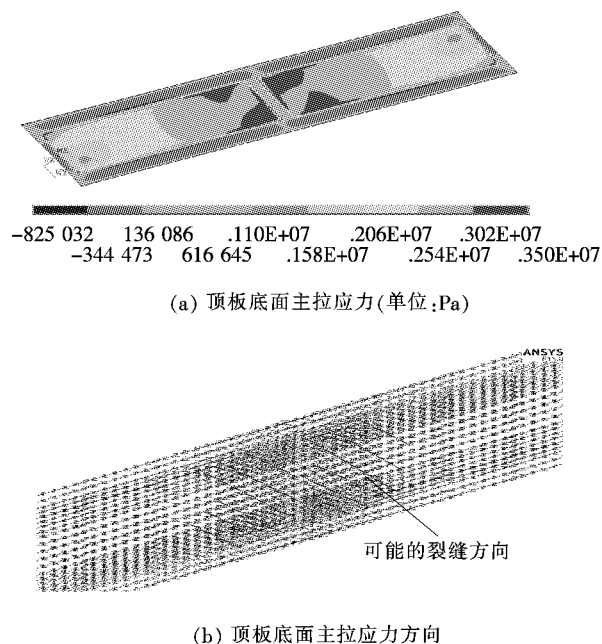


图 6 顶/腹板温差 10℃ 时顶板底面主拉应力及其方向

截面门式框架斜桥 1#墩附近顶板底面斜向裂缝成因进行了分析,得到了该位置斜向裂缝产生的主要原因,即箱梁腹板外侧的空箱室和绿化带将腹板与外界隔离,阻碍腹板与外界的热传递,导致整体升降温过程中,腹板与顶板存在温差,进而使得顶板底面存在附加温度应力。分析结果为该桥后续的加固设计提供了可靠依据。

参考文献:

- [1] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].
- [2] JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [3] CJJ 11—2011 城市桥梁设计规范[S].
- [4] 王新敏.ANSYS 工程结构数值分析[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [5] 张树仁,等.钢筋混凝土及预应力混凝土桥梁结构设计原理[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [6] 金卫兵,胡洋,彭德运.某 PC 斜拉桥锚块及斜腹板裂缝成因分析[J].中外公路,2011(5).
- [7] 刘茂军,赵艳林,吕海波.钢筋混凝土结构裂缝产生的机理分析及应对策略[J].混凝土,2009(9).