

16 m 先张空心板梁放张过程中的应力测试与分析

赵永光

(唐山远大实业集团有限公司,河北 唐山 063600)

摘要:通过对某高速公路—16 m 空心板梁放张过程中关键截面进行理论分析与应力测试,找出了该类型空心板梁放张过程中关键受力截面的应力变化规律以及空心板底板容易出现纵向裂缝的原因,得出了一部分有益的结论,可以为该类型梁体的施工与设计提供参考。

关键词:16 m 空心板梁;纵向裂缝;放张过程;应力测试

中图分类号:U448.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1674-0300(2010)01-0078-05

0 引言

随着公路桥梁 04 新规范的颁布与实施,工程界对桥梁结构的耐久性提出了更高的要求。针对这种要求,使用的混凝土标号越来越高,预应力张拉吨位也越来越大。但在预制预应力混凝土箱梁过程中,仍然发现有不少裂缝的存在,对桥梁结构的耐久性产生了一定程度的影响,达不到新规范的要求。通过大量工程调研后发现,先张梁底板以及跨中腹板关键截面处等部位,出现施工裂缝的几率较大。

为了预防此类裂缝的产生,提高桥梁的质量和耐久性,必须对其产生原因进行研究并采取有效措施进行预防和处理。而设计人员在设计计算时一般不考虑空心板梁的空间受力问题,对空心板梁的局部受力也不做过多分析,这在原来标号比较低张拉吨位较小时对预应力混凝土空心板梁的计算是适用的,而针对现在工程中为了提高桥梁的耐久性普遍采用高标号混凝土和较大张拉吨位预应力混凝土空心板梁时就容易出现裂缝。因为随着张拉吨位的提高,整个空心板梁的局部受力也会发生相应的改变,致使局部拉应力超过混凝土容许拉应力而使结构出现裂缝,降低混凝土桥梁的耐久性。应力测试是预应力混凝土梁桥施工控制的有效手段,它能弥补设计计算中参数选择不合理或一些因素无法考虑的不足,使桥梁的施工和运行更加安全。通过对测试系统的评价和对测试数据的误差分析,可以排除测试中一些因素的影响,较客观地反映实际结构的真实应力状况。因此,在预应力混凝土空心板梁预制的开始阶段,就采用试验的方法对其容易出现裂缝部位进行应力测试与研究,并利用空间受力分析的方法对其受力进行精确分析,并和测试值进行对照,找出产生裂缝真正的原因,确定适当的设计施工补救措施,为以后同类工程设计与施工提供参考,则具有较高的实用价值。

以河北某高速路上一 16 m 先张空心板梁为试验梁段,在其关键截面布置了相应的应力测试传感器,对其浇筑混凝土以及整个放张过程进行了应力测试,并对测试结果进行了分析与讨论。

1 工程概况

试验梁段采用河北某高速路上一 16 m 空心先张板梁,具体尺寸如图 1 所示。

为了准确分析研究先张空心板梁放张过程中关键部位受力变化情况,在梁体底板以及跨中腹板两侧布置应变传感器如图 2、图 3 所示。为了观测跨中截面受力情况,在跨中截面沿腹板高度方向对称布置了 4 个传感器,共计布置 13 个测点。

2 混凝土结构应变测量^[1-3]

混凝土应力监测主要是为了了解桥梁应力的实际分布,寻求最大应力(拉、压应力)的位置、大小和方

向。以便对桥梁梁体重量及其它荷载变化情况进行判断,以确保结构施工安全,为桥梁的施工、运营以及加固维修提供依据。通过应力监测成果还可以检验计算方法及计算参数取值的合理性。

如何观测混凝土应力,是一个复杂的技术问题。至今人们尚未研制出一种能够直接观测混凝土应力的有效而实用的仪器。如今主要还是利用应变计来观测混凝土的应变,再进一步将应变资料考虑材料弹性模量后算得该点混凝土应力。目前用于混凝土应变测试的传感元件类型较多,如电阻应变片、振弦式应变计、光纤传感器等。其中,振弦式传感元件由于测试精度高、稳定性好、抗干扰能力强、测量方便等优

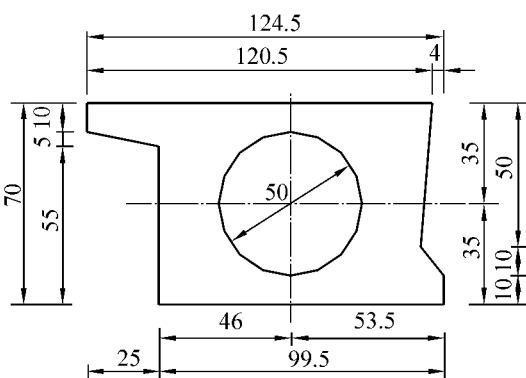


图1 16 m 先张板跨中断面(单位:cm)

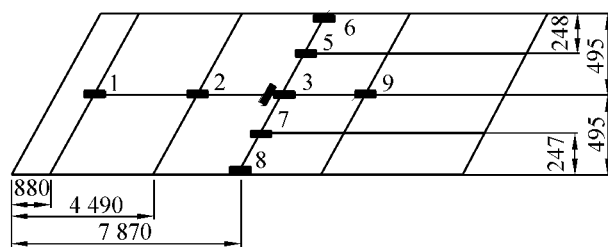


图2 16 m 斜交先张板底板测点断面位置(单位:mm)

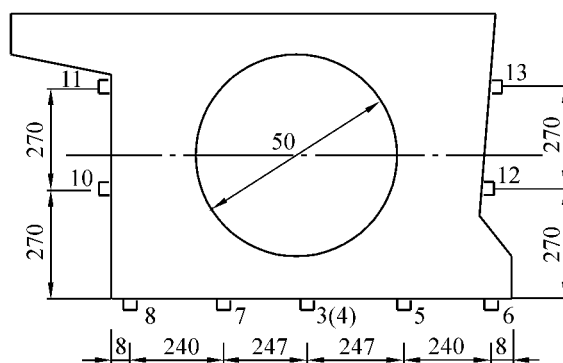


图3 16 m 梁跨中断面测点布置(单位:mm)

点而在混凝土结构应力测试中普遍采用。

试验监测在混凝土入模后立即进行,即混凝土浇筑开始同时进行各测点的监测,采集时间固定在早晨太阳出来之前,这段时间温度最恒定,可以消除温度对应变测试的影响,测试频率是每天三次(早、中、晚各一次)以观察一天温度变化对应变读数的影响,一直观测到预应力放张完。

3 空心板梁的有限元分析

为了得到力筋放张后梁体的真实应力状态,现利用 ANSYS 软件对结构进行有限元分析,并对照试验结果分析结构的安全性,同时阐述 ANSYS 在模拟预应力混凝土斜梁中的应用。

3.1 计算模型

采用通用有限元软件 ANSYS 按照实际尺寸建模,坐标系的选取如图4所示, x 轴沿横桥向, y 轴正方向竖直向上, z 轴沿桥梁轴向,0点与边跨边板的下部外侧重合。按单跨斜简支梁刚性支承模式进行建模分析,不计端横梁的变形及支座变形。混凝土采用 solid95 单元模拟,预应力筋采用 link8 单元模拟。通过对预应力筋施加温度来模拟张拉应力。模型总长 16.0 m。单元总数 21 308 个,其中混凝土单元 20 558 个,预应力筋单元 750 个。工况为放张后。图4为划分单元后的有限元模型图。预应力钢筋按下述方法处理:

(1) 预应力钢筋的处理。采用节点耦合法模拟预应力筋,即将预应力钢筋和混凝土分别建模并划分网格,然后将预应力筋图4划分单元后的有限元模型的节点和离它最近的混凝土的节点在垂直于预应力筋的两个方向上进行位移耦合。采用降温法施加预应力,根据预应力和材料热膨胀系数反算张拉完成状态预应力筋需施加温度值的大小,给钢筋施加等效温度 Δt , $\Delta t = F/A_s \alpha E_s$ 。其中, F 表示扣除预应力损失后的预应力的值; A_s 和 E_s 分别为钢筋的截面积和弹性模量; α 为钢筋的线膨胀系数。

(2) 钢筋预应力损失计算。考虑了先张斜梁传力锚固时的钢筋预应力损失,包括锚具变形和钢筋回缩所引起的预应力损失及预应力筋应力松弛所引起的预应力损失,其值可通过文献[4]中的公式计算得

到。降温法的温度是按张拉控制应力减去上述两项损失后的应力值反算的,因存在混凝土的弹性压缩,计算完成后的力筋应力不等于张拉控制应力,故将温度 Δt 增大一定的比例。又因为力筋的长短不一, Δt 增大的比例也不相同,最长力筋的 Δt 增大了 1%,最短的 Δt 增大了 3%,然后再进行降温计算。

3.2 有限元计算结果和测试数据分析

放张后的应力云图如图 5 所示,不同位置断面的应力云图如图 6 ~ 图 10 所示,先张板梁实测值与 ANSYS 计算值的对比如表 1 所示,表 1 中负值表示受压。

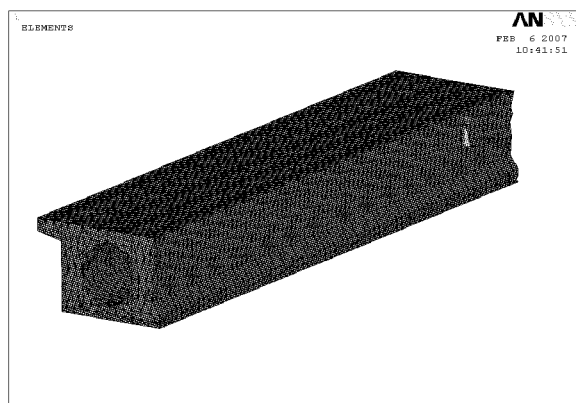


图 4 划分单元后的有限元模型

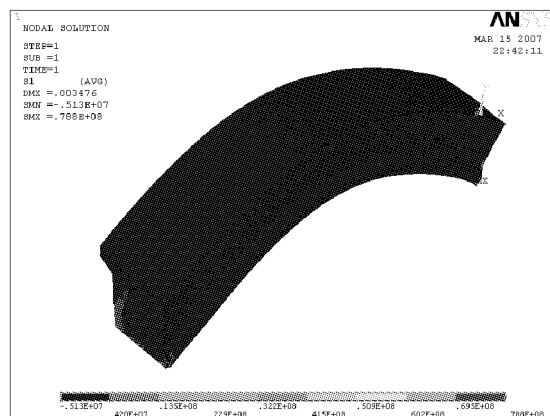


图 5 放张后的应力云图(z 方向)

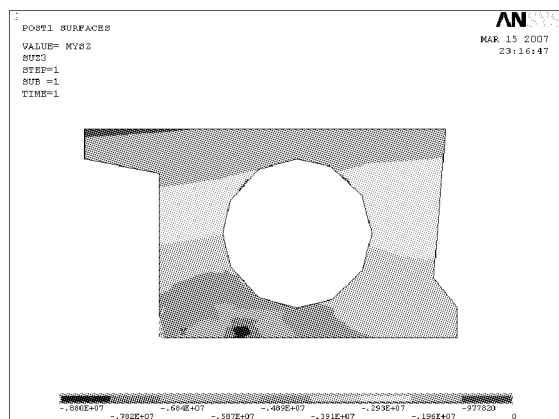


图 6 位置 1 所在断面的应力云图(z 方向)

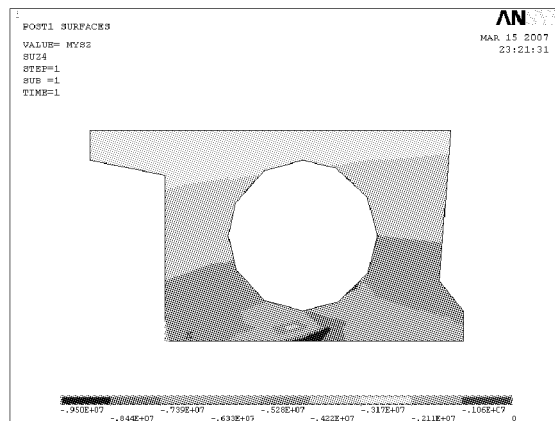


图 7 位置 2 所在断面的应力云图(z 方向)

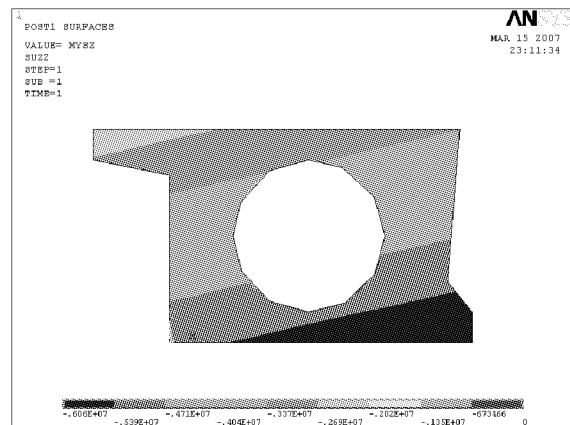


图 8 跨中断面的应力云图(z 方向)

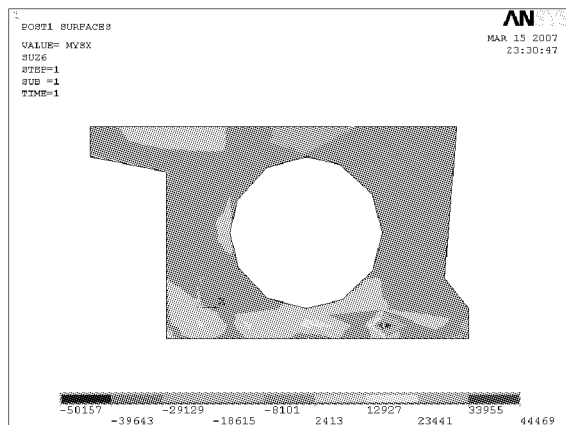


图 9 位置 4 所在断面的应力云图(x 方向)

表 1 16 m 先张板试验值与 ANSYS 计算值的对比

测点号	实测值/MPa	理论值/MPa	实测值/理论值
3	-5.25	-5.46	0.96
5	-4.60	-5.26	0.87
6	-4.26	-5.09	0.84
7	-4.61	-5.67	0.81
8	-5.70	-5.81	0.98
10	-2.31	-4.59	0.50
11	-3.37	-3.31	1.02
12	-2.58	-4.03	0.64
13	-2.41	-2.79	0.86

由图 5 ~ 图 10 和表 1 可知,沿梁体纵向的混凝土基本处于受压状态,梁顶和梁底均未出现拉应力,可以判断梁体处于弹性工作状态,安全储备较大。除 10、12 号测点外,其余测点的实测值与计算值偏差不大。在 ANSYS 计算中,曾沿梁体纵向距传感器理论位置取值,发现其值与表中值相差不大,但对角度变化明显,同时考虑到传感器放置时的误差,故实测值与计算值的偏差是由传感器的放置方向引起的。

3.3 16 m 先张空心板梁测试数据分析

先张板应力测试数据汇总后见表 2,板中截面实测应力曲线如图 11,曲线有一个明显的陡坡,表示预应力放张这个重要的工况。

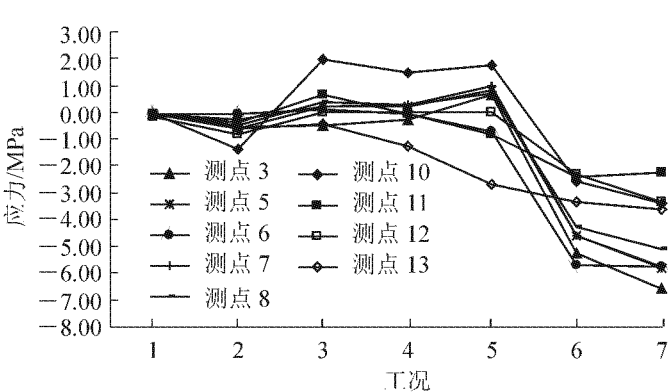
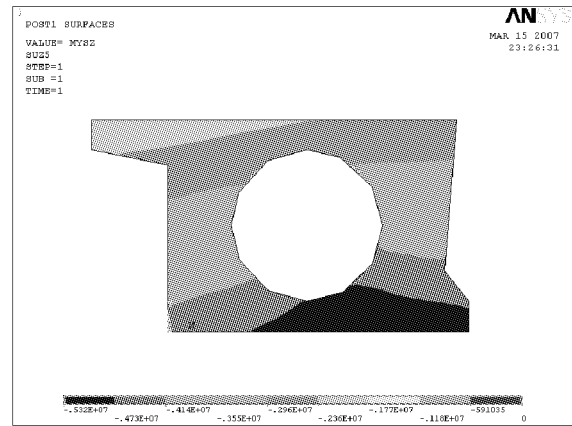


图 10 位置 9 所在断面的应力云图(z 方向) 图 11 16 m 先张板之中截面纵向应力曲线

表 2 16 m 先张板试验测试应力汇总 MPa

测点号	浇注	1 d	5 d	7 d	8 d	放张	9 d
1	-0.04	-0.28	0.43	0.39	0.73	-6.46	-7.21
2	-0.05	-0.34	-0.34	-0.17	0.38	-5.71	-6.95
3	-0.04	-0.53	-0.48	-0.26	0.62	-5.25	-6.60
4(横向)	-0.08	-0.08	-0.20	-0.24	-0.28	0.81	0.76
5	-0.06	-0.27	0.22	0.22	0.80	-4.61	-5.82
6	-0.05	-0.09	0.09	-0.09	-0.71	-5.70	-5.78
7	-0.05	-0.60	0.19	0.24	0.99	-4.60	-5.77
8	-0.06	-0.52	0.36	0.24	0.68	-4.26	-5.08
9	-0.01	-0.81	0.07	-0.01	1.91	-5.46	-7.26
10	-0.06	-1.38	1.94	1.48	1.76	-2.58	-3.43
11	-0.04	-0.41	0.65	-0.08	-0.83	-2.41	-2.28
12	-0.16	-0.83	0.00	0.00	0.00	-2.31	-3.34
13	-0.08	-0.63	-0.47	-1.25	-2.68	-3.37	-3.64

由表 2 的实测数据和图 11 可以看出,16 m 先张梁在放张过程中横向有较可观的拉应力,很好地解释了先张空心板梁底板容易出现纵向裂缝的现象。

(下转第 110 页)

- [2] 钟亮. GB50007—2002 建筑地基基础设计规范[S]. 北京: 国家建筑科学研究院地基基础研究所, 2002.
- [3] 方根男. TB1002.5—2005, TBJ464—2005 铁路桥涵地基和基础设计规范[S]. 北京: 中国铁道出版社出版, 2005.
- [4] 刘成宇. 土力学[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2004: 93-134.

Design and Construction of Stent for Entire Span Cast-in-place Simply Supported Box Girder of River-crossing Railway

Ma Jianwei

(China Railway 22nd Bureau Group Co., Ltd., Beijing 100043, China)

Abstract: In the construction of Ziya New River Bridge on a Passenger Dedicated Railway Line, with perennial flowing water in the river, in order to protect the local water system, the stent system for the construction needs to cross the river. As full house bracket can not meet the requirements, the pile foundation (strip footing), steel-pipe column, sand box, distribution beam, Bailey beams and template distribution beams are made into the stent system for the construction across the river. In this paper, the in-situ stent design, calculation and construction techniques are summarized to provide reference for future similar projects.

Key words: 40 m box girder for PDL; in-situ stent; design; construction techniques

~~~~~  
(上接第 81 页)

### 4 结语

- (1) 16 m 先张梁在放张过程中, 底板横向传感器读数确实是受拉, 并且利用实验室所测弹性模量计算的拉应力值还比较大, 很好地解释了先张梁底板容易出现纵向裂缝的问题。
- (2) 找到了先张梁放张过程中关键截面的空间应力变化规律, 可为该类型桥梁的设计提供参考。
- (3) 建议设计该型式先张梁时, 增加底板的横向钢筋数量或增加钢筋直径, 并增加底板保护层的厚度, 建议设计单位增加横向拉应力验算环节来防止先张梁底板开裂问题。

### 参 考 文 献

- [1] 张开银, 邹晓军. 预应力混凝土梁桥应力测试技术[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2003, 27(2): 174-177.
- [2] 张世辉, 李亚东. 大跨度连续刚构桥悬臂施工阶段应力测试分析[J]. 四川建筑, 2007, 27(4): 161-162.
- [3] 向木生, 田晓彬. 预应力混凝土梁桥应力测试技术[J]. 武汉理工大学学报: 交通科学与工程版, 2001, 25(3): 266-269.
- [4] 交通部公路规划设计院. JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

## Stress Test and Analysis of 16 m Prestressed Hollow Slab Beam During Enlargement Process

Zhao Yongguang

(Tangshan Yuanda Industry Group Co. Ltd. Tangshan 063600, China)

**Abstract:** The work of stress test and theoretical analysis of a 16 m prestressed hollow slab beam during the enlargement process is presented in this paper. Some rules of stress change in critical sections and the reasons of longitudinal cracks are found out from the obtained results and some useful conclusions are given, which provide reference for construction and design of similar type of bridges.

**Key words:** 16 m prestressed hollow slab Beam; longitudinal cracks; enlargement process; stress test