

后张法有粘结预应力梁张拉过程施工监控

张英富¹ 徐文胜²

(1 湖北富昊工程项目管理咨询有限公司 湖北武汉 430071

2 华中科技大学 a 土木工程与力学学院 b 控制结构湖北省重点实验室 湖北武汉 430074)

摘要:本文结合某厂房屋面预应力梁的张拉过程,对主控截面应力、反拱值及弹性压缩变形、锚具变形及钢筋内缩值和局部承压下的裂缝进行了监测,本文的研究成果对控制预应力梁的张拉效果、保证施工质量提供了重要的依据,可供同类工程借鉴。

关键词:施工监控 张拉过程 预应力梁 后张法 有粘结

1 前言

采用低松弛钢绞线进行后张法预应力梁施工,在建筑工程中使用非常广泛,其预应力依靠锚具传递至混凝土使混凝土获得预应力,从而改善混凝土梁的结构性能,使其相对于钢筋混凝土梁而言具有可减小梁的截面尺寸、增大刚度、提高抗裂度并增加耐久性能及节约材料等优点,所以在跨度较大、受力较大的部位应优先考虑采用预应力梁。在预应力张拉过程中,预应力结构或构件的预应力大小的控制,不仅关系到结构或构件使用阶段的安全性,同时关系到张拉时构件或结构本身的安全性。由于影响预应力损失的原因很多,使得理论计算和实际存在一些差异,往往不易控制。为了很好把握预应力施加效果和控制张拉,通常需监测预应力张拉时构件主控截面应力、反拱值,为评价结构性能提供重要依据。

目前高强度预应力梁施工技术日趋成熟,但是目前的施工技术研究主要集中于施工工艺、裂缝控制及抗侧弯方面,对张拉过程的施工监控研究较少^[1,2]。某厂房的屋面预应力梁按照设计要求为后张有粘结预应力钢筋混凝土梁,混凝土强度等级C40,预应力钢筋为 $1 \times 7 \phi 15.2$ ($f_{pk}=1860\text{MPa}$)低松弛钢绞线。根据甲方、设计和监理三方意见,选取(7a)轴Ua~Na主梁进行预应力张拉监测。

2 张拉过程监控

2.1 监控依据

(1) 厂房新建工程预应力梁施工方案;

(2) 《混凝土结构设计规范》(GB50010-2002);

(3) 《混凝土结构试验方法标准》(GB50152-1992);

(4) 《建筑结构检测技术法标准》(GB50344-2004)。

2.2 监控内容及方法

监测的主要内容有:(1)主控截面应力监测。在预应力梁跨中和端截面的梁顶和梁底,布置混凝土应变测点,监测截面应力。(2)反拱值及弹性压缩变形监测。在各根监测的预应力梁跨中截面布置一个位移计,测量张拉过程中梁跨中的反拱值;在梁两端各布置一个位移计,测量弹性压缩变形。(3)锚具变形和钢筋内缩值。在张拉端采用游标卡尺测量锚具变形值,并在张拉端架设百分表,测量张拉顶回油的钢筋内缩值。(4)局部承压下的裂缝观测。借助裂缝观测仪进行局部承压下的裂缝观测,若出现裂缝,测量裂缝宽度。

2.3 测试仪器及测点布置

应变测量采用电阻应变计和DH3815静态应变仪进行,位移采用位移传感器WHD30和DH3815静态应变仪进行,所有试验数据的采集均由计算机完成,测量系统如图1。

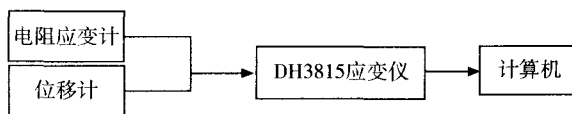


图1 应变位移测试系统

选择①、②号梁进行测试，其立面简图见图2，其中Qa轴到Va轴为①号预应力梁，Na轴到Qa轴为②号预应力梁，①号梁上选取两个跨中截面、四个支座截面共六个截面进行监测，每个截面布置3个应变测点（3-3截面仅选取两个），共计17

个混凝土应变测点；②号梁选取跨中截面、两个支座截面共三个截面进行检测，每个截面布置3个应变测点，共计9个混凝土应变测点；挠度测点布置在梁的跨中，共计3个；弹性压缩变形测点布置在梁的端截面，共计4个。

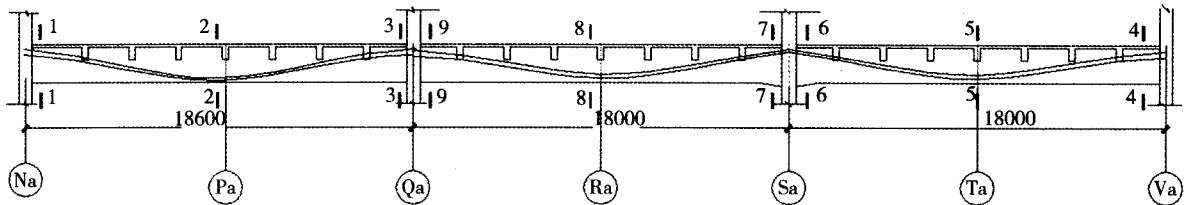


图2 预应力梁监测截面布置图

2.4 张拉程序

本工程预应力梁采用单端分束张拉，张拉顺序依次为①、②号梁，主要监测①、②号梁张拉时其本身的应力、反拱值及裂缝的变化。张拉步骤： $0 \rightarrow 0.2 \sigma_{con} \rightarrow 0.4 \sigma_{con} \rightarrow 0.6 \sigma_{con} \rightarrow 0.8 \sigma_{con} \rightarrow 0.9 \sigma_{con} \rightarrow 1.0 \sigma_{con} \rightarrow 1.03 \sigma_{con} \rightarrow$ 锚固，其中 σ_{con} 取 $0.75 f_{ptk} = 0.75 \times 1860 = 1395 \text{MPa}$ 。①、②号梁的分束张拉顺序如图3所示。

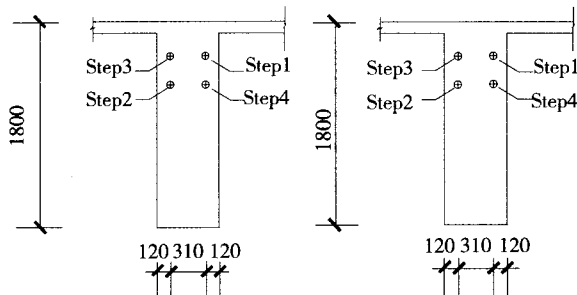
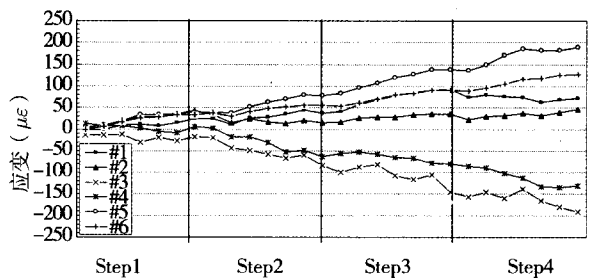
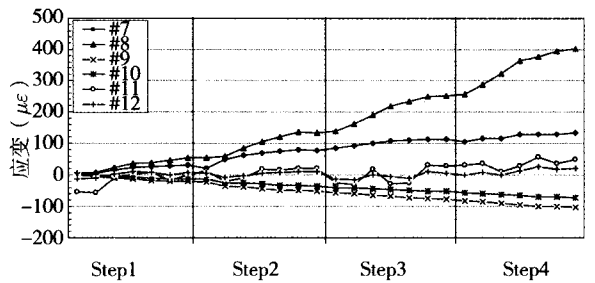


图3 ①、②号梁的张拉顺序



(a) ①号梁梁底1-6测点混凝土应变值

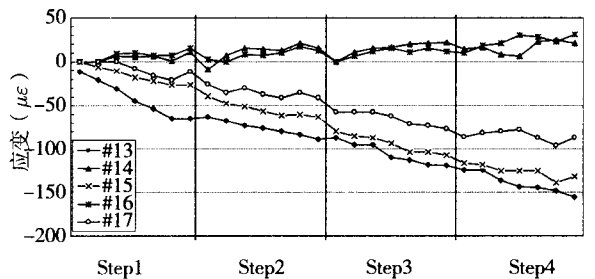


(b) ①号梁梁底7-12测点混凝土应变值

3 测试结果及分析

3.1 混凝土预压应力

对于①号梁，按顺序进行分级分束张拉，各级张拉力下①号梁上的17个测点的混凝土应变值变化规律见图4。按照①号梁张拉顺序，每束预应力钢筋张拉完毕后六个控制截面上的17个混凝土测点应变值见表1。由表1可知：四束预应力钢筋张拉完毕后，①号梁混凝土的最大预压应力为6.21MPa，小于《混凝土结构设计规范》^[3]中C40混凝土的抗压设计值19.10MPa。



(c) ①号梁梁顶测点混凝土应变

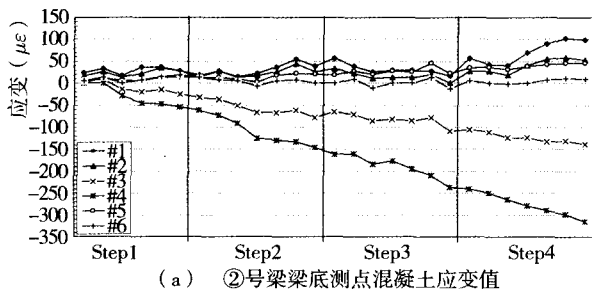
图4 ①号梁张拉过程中混凝土应变

表1 ①号梁每个步骤张拉完毕后混凝土应变实测结果(με)

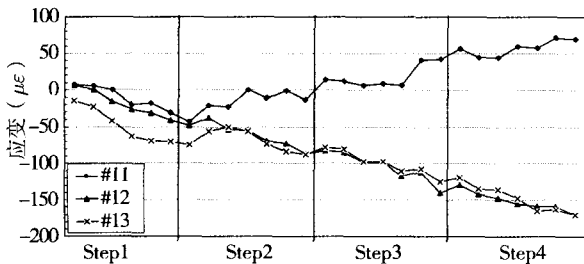
测点	步骤	Step1	Step2	Step3	Step4
1#		24	45	93	79
2#		36	21	36	46
3#		-27	-83	-145	-191
4#		-8	-63	-80	-134
5#		39	79	139	189
6#		34	56	90	128
7#		31	80	114	134
8#		53	135	252	402
9#		-20	-51	-76	-102
10#		-12	-35	-52	-71
11#		0	21	30	49
12#		8	10	10	21
13#		-65	-83	-119	-155
14#		11	15	22	23
15#		-27	-63	-107	-132
16#		15	17	15	31
17#		-12	-41	-77	-87

注: Step1—梁右侧上束钢绞线张拉完成; Step2—梁左侧下束钢绞线张拉完成; Step3—梁左侧上束钢绞线张拉完成; Step4—梁右侧下束钢绞线张拉完成。

对于②号梁,按照上述张拉顺序进行分级分束张拉,各级张拉力下②号梁上的9个测点的混凝土应变值的变化规律见图5。按照②号梁张拉顺序,每束预应力钢筋张拉完毕后三个控制截面上的9个混凝土测点的预压应力值见表2。由表2可知:四束预应力钢筋张拉完毕后,②号梁跨中混凝土的最大预压应力为10.24MPa,小于《混凝土结构设计规范》^[3]建议的混凝土抗压设计值19.10MPa。



(a) ②号梁梁底测点混凝土应变值



(b) ②号梁梁顶测点混凝土应变值

图5 ②号梁张拉过程中混凝土应变值

表2 ②号梁每个步骤张拉完毕后混凝土应变的测试值(单位:με)

测点	步骤	Step1	Step2	Step3	Step4
1#		15	57	57	102
2#		18	33	44	59
3#		-33	-65	-121	-138
4#		-61	-162	-240	-135
5#		13	19	35	46
6#		18	8	11	11
11#		-43	22	56	72
12#		-48	-82	-140	-171
13#		-75	-88	-119	-171

注: Step1—②号梁右侧上束钢绞线张拉; Step2—②号梁左侧下束钢绞线张拉; Step3—②号梁左侧上束钢绞线张拉; Step4—②号梁右侧下束钢绞线张拉。

3.2 反拱值

在①号梁、②号梁张拉过程中,①、②号梁的跨中截面即5-5、8-8、2-2截面处的反拱值变化如图6所示,其中5-5、8-8、2-2截面对应的测点为32、33、22三测点。

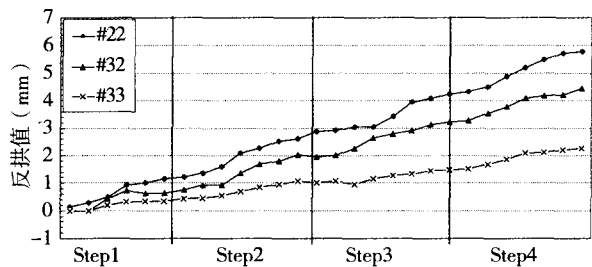


图6 预应力梁跨中截面反拱值

张拉完毕后①号梁5-5截面、8-8截面和②号梁2-2截面张拉过程中预应力梁反拱值分别为4.5mm、2.3mm和5.7mm,可以看出,②号梁在张拉过程中的反拱值变化显著。

3.3 弹性压缩变形

在①、②号梁的两端各布置一个位移计,测量弹性压缩变形,测量值如图7所示。①号梁的压缩值较②号梁大,①号梁张拉过程中,其压缩变形值为1.57mm;②号梁张拉过程中,其压缩变形值为0.35mm。

3.4 锚具变形和钢筋内缩值

在张拉端架设机电百分表,按照张拉顺序测量①、②号梁的Step1和Step2中,预应力钢筋张拉顶回油后锚具变形和钢筋内缩值,测试结果如(下转第32页)

顶推缆索索鞍到适合于主梁吊装的上方位置,进行跨中主梁节段吊装。分段主梁吊装就位后依靠外侧永久吊杆和临时吊杆准确调整空间位置。由于节段梁吊装过程是拱肋一个加载过程,在这期间单靠扣索无法克服加载而形成的拱肋推力和拱肋外倾力,为此在节段梁吊装之前预先安装临时系杆和东西侧拱肋柔性横联。主桥结构是非对称拱肋布置,主梁在吊装时横桥向水平分力不平衡,而临时吊杆确起到克服该难点之一,临时吊杆交叉布置,用于调整钢箱梁线形和承受钢箱梁自重及施工荷载。主梁成型后安装永久系杆索,张拉永久系杆,同步拆除临时系杆索;拆除临时吊杆和临时横向联结系,此过程是体系转换过程,即由临时系杆、临时吊杆、横联、扣索系统转换到主体结构系统,完成结构体系转换,即成桥的结构受力状况。

(上接第29页)

表3所示。①号梁和②号梁的平均锚具变形和钢筋内缩值为7.2mm,在《混凝土结构设计规范》^[3]第6.2.2条的建议值(6mm~8mm)范围之内。

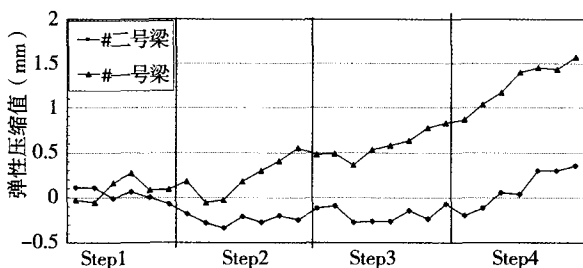


图7 ①、②号梁预应力梁张拉过程中弹性压缩变形

表3 预应力梁张拉千斤顶回油后锚具变形和钢筋内缩值(单位: mm)

梁号	张拉步骤	总伸长量	钢绞线伸长量	锚具变形和钢筋内缩值
①号梁	Step1	11.4	3.4	8.0
	Step2	10.2	3.4	6.8
②号梁	Step1	10.5	3.4	7.1
	Step2	10.3	3.4	6.9
平均值		10.6	3.4	7.2

3.5 裂缝观测

张拉过程中对①号、②号梁的锚固端和跨中

5 结束语

非对称外倾式钢箱拱桥用于公路工程在中国尚属首次,在施工过程结构受力处在不稳定性。该桥采用斜拉扣挂的悬臂安装拱类方法是可行的,在此指导下,为增加拱肋纵横向稳定性而设置的临时系杆、临时吊杆、临时横梁以及缆风索对整个外倾式结构的安装安全和保证质量起到关键性的作用,为今后同类型的桥梁提供良好的借鉴经验。

参考文献

- [1] 南宁大桥设计图册. 四川省交通厅公路规划勘察设计研究院.
- [2] 王凡主编. 桥梁预应力混凝土施工技术 & 标准规范实施手册[M]. 长春: 吉林电子出版社, 2004.
- [3] 苏寅申主编. 桥梁施工及组织管理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2008.

截面进行了监测,锚固端及跨中截面均未发现张拉产生的局部裂纹。张拉后普查大部分裂缝宽度回缩到0.1mm以下,裂缝呈闭合趋势。

4 结论

根据上述对实测结果的分析可知:

- 1) 锚具变形及钢筋内缩值平均值为7.2mm,与规范建议值6~8mm接近。
- 2) 所检测预应力梁在预应力作用下已产生变形,说明结构已建立起有效预应力;
- 3) 张拉完成后,①梁混凝土预压应力为6.2MPa,②梁混凝土预压应力为10.2MPa左右,且张拉过程未出现新裂缝。
- 4) ①梁的最大上拱值为4.5mm,②梁的上拱值为5.7mm。

参考文献

- [1] 陈正锦, 宁英杰, 潘江波. 后张法预应力梁裂缝分析与处理措施[J]. 山西建筑, 2009, 35(7): 147-148.
- [2] 杜傅宗, 黎维升, 彭爱红. 后张预应力梁锚垫板处砼裂缝成因分析及防治措施[J]. 预应力技术, 2008(6): 30-32.
- [3] 中华人民共和国建设部. 混凝土结构设计规范[S]. GB 50010-2002.