

钢桁架桥顶推施工体系转换时监控要点分析

陈垠

(苏交科集团检测认证有限公司 在役长大桥梁安全与健康国家重点实验室 江苏 南京 211112)

[摘要]为研究钢桁架桥顶推施工在体系转换时对结构杆件强度及刚度的影响,以徐州206国道京杭运河大桥钢桁架桥顶推施工为背景进行分析。采用Midas Civil软件建立该桥顶推施工监控有限元模型,在分析三种受力体系结构杆刚度及强度理论值的基础上,得出体系转换时的监控要点。根据现场采集的监控数据,结合有限元模型理论数据,分析钢桁架在顶推体系转换时监控实测值与理论值的偏离程度。结果表明:钢桁架顶推存在前后两次体系转换,第一次是悬臂状态转换为连续梁状态,第二次是连续梁状态转换为简支梁状态;第一次转换完成前,结构处于最不利的受力状态,杆件的轴线偏位、线形偏差,钢导梁与主桁架连接杆件的应力状态为监控的要点;在第一次体系转换完成后,需对钢导梁与主桁架连接杆件进行加固;通过分析第二次体系转换时的监测数据,得出第二次体系转换时结构位移及应力状态趋于稳定,钢桁架落架后各项力学指标均满足设计要求。

[关键词]钢桁架桥;顶推施工;有限元模型;体系转换;监控要点

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-627X.2021.09.227

Analysis of the Monitoring Key Points During the Conversion of the Steel Truss Girder Bridge Incremental Launching Construction

Chen Yin¹, Cheng Cai²

(1. State Key Laboratory of Bridge Safety and Health in Service, Nanjing 211112, China;

2. JSTI Group Testing and Certification Co., Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: In order to study the influence of the steel truss girder bridge incremental launching construction on the strength and stiffness of the structural members during the system conversion, the analysis was carried out based on the Xuzhou 206 National Road JingHang Canal Bridge steel truss girder bridge incremental launching construction as a background. Midas Civil software was used to establish the monitoring finite element model of the bridge incremental launching construction. Based on the analysis of the stiffness and strength theoretical values of the three types structure force system, the monitoring key points for the system conversion were obtained. According to the monitoring data collected on site, combined with the theoretical data of the finite element model, the deviation degree of the monitored value and the theoretical value of the steel girder truss bridge during the conversion of the incremental launching construction is analyzed. The results show that there are two system conversions during the conversion of the incremental launching construction, the first is the cantilever state is converted to the continuous beam state, the second is the continuous beam state is converted to the simply supported beam state; before the first conversion is completed, the structure is in the most unfavorable stress state, the axis deviation of the rods, the linear deviation, and the stress state of the connecting rods between the steel guide beam and the main truss are the main key points of monitoring; after the first system conversion is completed, the rods that connecting the steel guide beam and the main truss are reinforced; by analyzing the monitoring data during the second system conversion, it is concluded that the structural displacement and stress state tends to be stable during the second system conversion, and all the mechanical indexes of the rods meet the design requirements after the steel truss girder bridge are dropped.

Key Words: steel truss girder bridge; incremental launching construction; finite element model; system conversion; the monitoring key points

1 引言

近年来,顶推施工法在钢桁架桥施工中有越来越多的应用^[1],其原理是在施工现场拼装好杆件,再配合千斤顶实施纵向顶推,保证梁体能够顺利通过各个钢导梁的临时滑动支座面位置并稳妥到达主墩位置^[2]。其施工的关键之处就是要保证沿桥纵轴方面,在水平千斤顶的施力作用下,梁体会被逐渐同步向前顶推,最后准确落梁,以达到更换正式支座的目的。

但钢桁架桥在顶推过程中可能存在体系转换的情况^[3],在现场拼装完桁架部分及钢导梁部分后,结构有一部分处于悬臂状态,且在顶推开始后,钢导梁都处于较大的悬臂状态,其在顶推过程中最前端节点位移不断增大,会导致钢导梁与主桁架连接处杆件处于较大的受力状态^[4],保持顶推的同步性极为关键^[5],否则由于悬臂较长,杆件发生扭转的可能性增大;当钢导梁到达临时墩后,结构由悬臂状态转换为连续梁状态,再向前顶推,有较多节间的主桁架离开临时支座,开始处于悬空状态,此时仍需重点关注杆件的位移及受力状态;当钢桁架全部

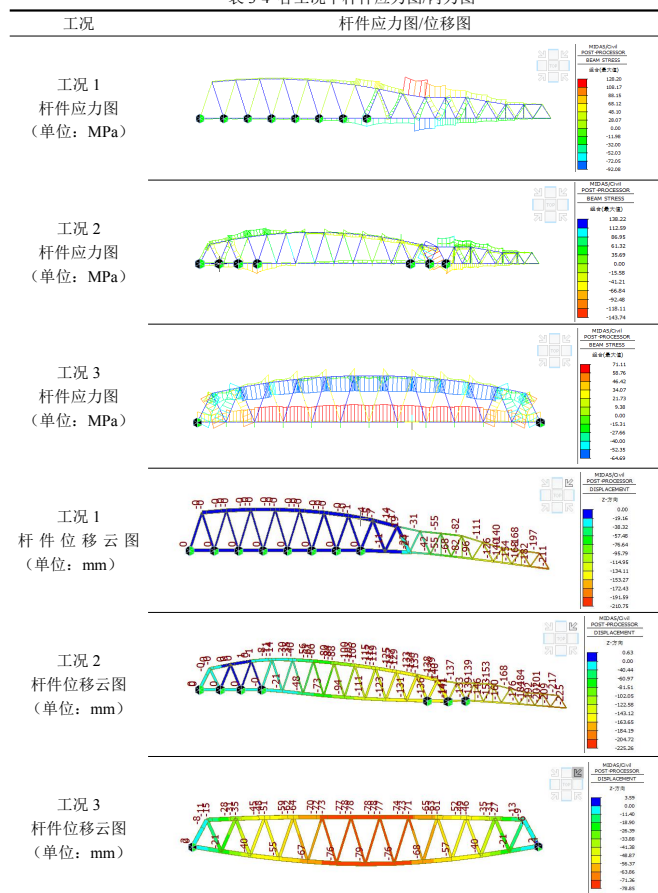
处于主墩上时,拆除钢导梁进行落架,在体系再次转换时,需量测杆件的高程与应力情况,保证落架后杆件高程与目标高程偏离程度满足规范要求^[6],且应力状态小于设计理论值^[7]。

鉴于上述顶推施工的工程特点,本文以在建的徐州206国道京杭运河大桥为背景,建立该桥顶推施工监控模型,分析钢桁架顶推施工在不同体系下的受力特点,并进一步分析顶推过程中施工监控实测数据与理论数据的偏离情况,为保证钢桁架顶推在体系转换时施工的精度提出相应的监控方法。

2 工程概况

徐州206国道京杭运河大桥主桥采用1-127.6m简支钢桁架桥,主桁为变高钢桁架,采用不带竖杆的华伦式三角形腹杆体系,节间长度10.5m,主桁上弦采用折线形,主桁高度10.5~17m;两片主桁中心距为27.5m,桥面宽26m;主桁上、下弦杆采用箱形截面,上下弦杆均采用焊接整体节点。弦杆截面内宽800mm,内高1100mm,其中竖板分为20、32、40mm三种,水平板厚分为20、28、32mm,为与混凝土板结合,下弦杆

表 3-4 各工况下杆件应力图/内力图



1/9; 工况2状态下, 钢导梁最大位移为-225mm, 主桁架最大位移为-141mm; 工况3状态下, 拆除钢导梁并进行落架, 落架后主桁架最大变形量为79mm, 远小于钢桁架跨度L的1/400。

同时, 对于各工况下支点的反力进行统计 (“-”表示反力向下, “+”表示反力向上), 统计结果见表3-5所示

表3-5 各工况下支座反力统计表 (单位: kN)

工况	节点号	反力
工况1	E3	-370
	E4	1336
	E5	916
	E6	913
	E5'	840
	E4'	-35
	E3'	115
工况2	E2'	6440
	E0	-2277
	E1	397
	E2	220
	E3	10497
	E1'	1107
	E0'	-1086
工况3	D1	4566
	E0	6153
	E0'	6153

同时, 工况1下钢导梁与主桁连接处的D1' A1'、D1E0'、D1' D2' 杆件应力值较其他杆件大, 分别为128.2MPa、-92.1MPa (“+”表示杆件受拉, “-”表示杆件受

压, 下同)、107.2MPa, 并小于杆件的抗拉强度设计值; 工况2下E4A5、D1' E0'、D1' D1杆件应力值较其他杆件大, 分别为-143.6MPa、113.4MPa、-127.5MPa, 小于杆件的抗拉强度设计值; 工况3下E5E6、E5' E6、A6A6' 杆件应力值较其他杆件大, 分别为71.0MPa、71.0MPa、-64.6MPa, 小于杆件的抗拉强度设计值。

由上述三种工况下杆件的位移、支反力、应力数值统计结果可知, 工况1状态下杆件的最大位移值及最大应力值均比另外两种工况大, 杆件处于最不利的受力状态, 原因是钢导梁未拆除, D1~D7段钢导梁杆件处于悬臂状态, 且E3~E1' 也处于悬空状态, 在自重作用下E3处支反力最大, E3节点处的反力传递到该节点附近的杆件处, 使得E4A5杆件的受力值为所有工况下受力最大值。

4 监控要点分析

由上述三种工况下杆件的位移、反力及应力分析结果可知, 在顶推过程中需对应力及变形较大的杆件进行重点监控。为此, 本文针对钢桁架及钢导梁中受力较大的杆件布置了位移测点及应力测点, 其中位移测点为全站仪反光贴, 应力测点为振弦式传感器, 杆件位移、应力测点布置图如图4-1~图4-2所示。

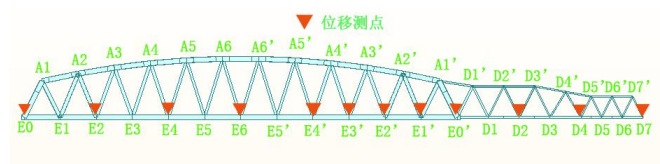


图4-1 杆件位移测点布置示意图

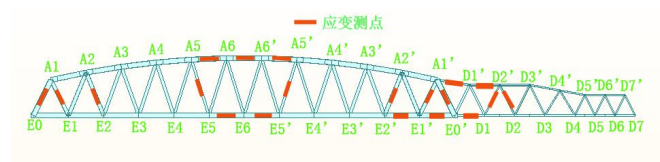


图4-2 杆件应力测点布置示意图

利用全站仪对于各工况下的位移测点的横桥向坐标Y、竖向坐标Z进行观测, 三种工况下位移测点的观测值统计图如图4-3~图4-8所示:

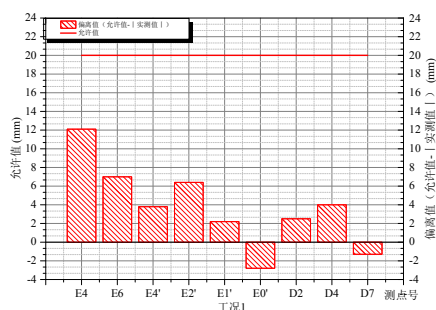


图4-3 工况1Y坐标观测值统计结果

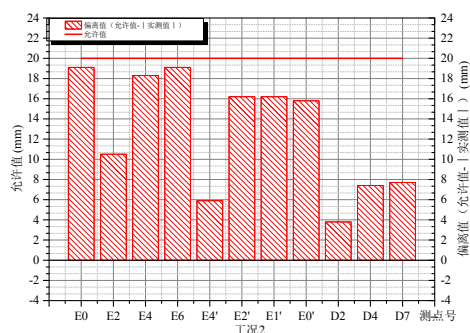


图4-4 工况2Y坐标观测值统计结果

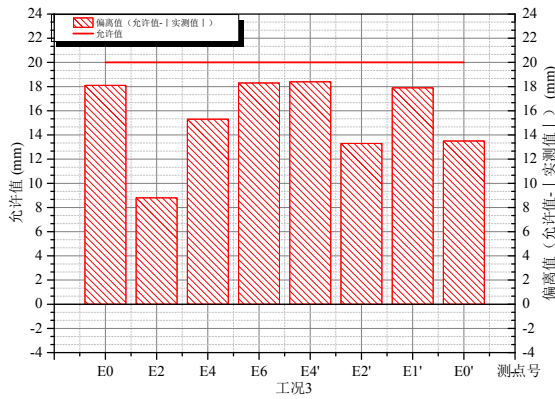


图4-5 工况3Y坐标观测值统计结果

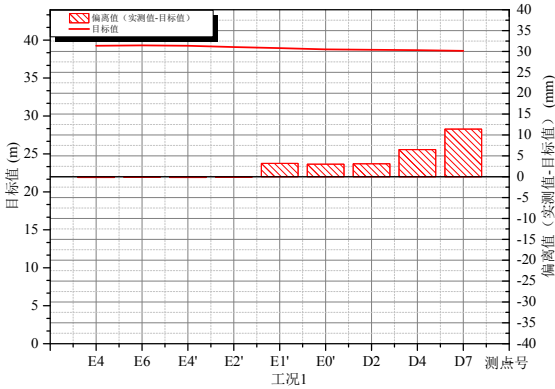


图4-6 工况1Z坐标观测值统计结果

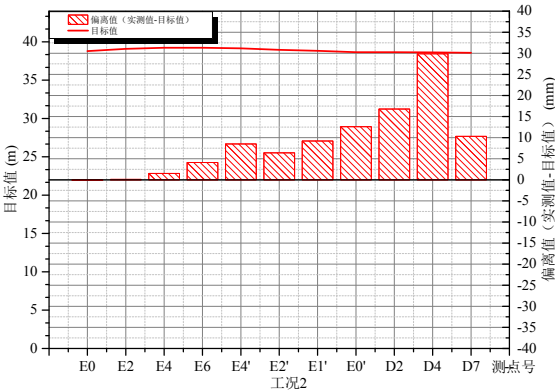


图4-7 工况2Z坐标观测值统计结果

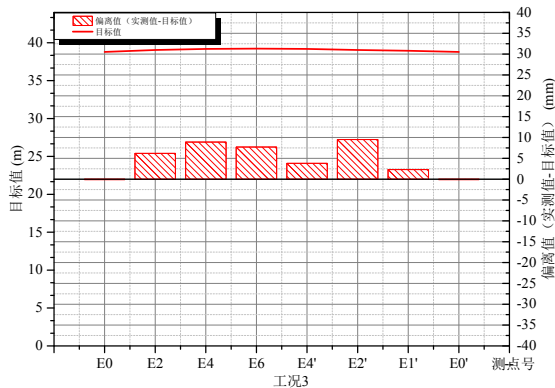


图4-8 工况3Z坐标观测值统计结果

由图4-3可知,在工况1下钢桁架支点处E0'及钢导梁最前端D7节点Y坐标实测值略大于允许值,即节点轴线偏差略大于允许值,说明在顶推最大悬臂状态下,钢桁架可能存在扭转的情况。当钢导梁到达5#墩,钢导梁由悬臂体系转换为连续梁体系,由图4-4可知,工况2下节点Y坐标值均小于允许值,即体系由悬臂状态转换为连续梁状态后,节点轴线偏差值控制在规范允许范围;由图4-5可知,工况3下节点Y坐标值均小于允许值,即体系由连续梁状态转换为简支状态后,节点轴线偏差值控制在规范允许范围,且对比图4-4和图4-5可知,工况3下钢桁架上E0~E0'测点的偏离值基本都大于工况2下同测点的偏离值,说明当体系转成为简支梁状态后,杆件的轴线偏位向更可控的状态发展,钢桁架的轴线偏位处于可控状态。

与此同时,对比图4-6与图4-7可知,工况1、工况2状态下,测点的Z坐标实测值均大于目标值,说明测点的实测高程均大于目标高程,且工况2状态下高程实测值与目标高程的偏离程度比工况1更大,杆件的下挠趋势更小,即连续梁状态下杆件的线形控制朝着更有利的方向发展;同理,由图4-7与图4-8可知,工况2、工况3状态下,测点的实测高程均大于目标高程,结构趋于稳定,落架后钢桁架的线形处于可控状态。

同时,利用应力读数仪读取各工况下的杆件应力测点的应力值,三种工况下杆件应力值统计图如图4-9~图4-11所示:

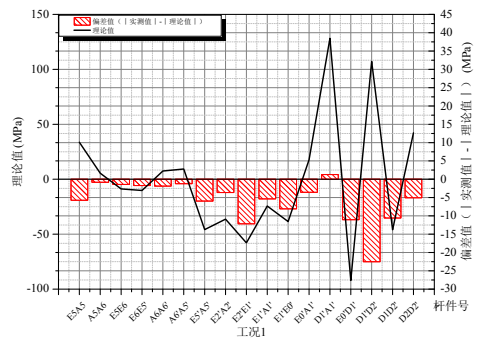


图4-9 工况1应力值统计结果

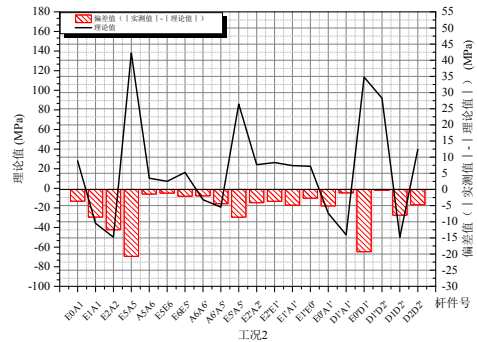


图4-10 工况2应力值统计结果

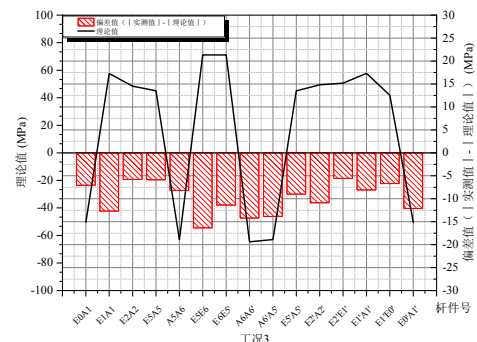


图4-11 工况3应力值统计结果

由图4-9可知,在工况1状态下,除了钢桁架与钢导梁连接处的D1'A1'构件外,杆件的实测应力值均小于理论值,说明顶推在悬臂工况下,杆件的应力状态基本处于可控状态。但考虑到D1'A1'为主要的连接杆件,为了保证顶推的安全性,当工况1完成后,立刻对于D1'A1'焊缝处进行加固。对比图4-10及图4-11可知,D1'A1'加固后,杆件在工况2及工况3下,应力实测值均小于理论值,且在两次体系转换完成后,杆件的应力实测值比理论值更小,杆件的应力状态处于更有利的状态,结构趋于稳定,落架后杆件的应力处于可控状态,满足设计要求。

5 结论

以徐州206国道京杭运河大桥钢桁架桥顶推施工为背景,对钢桁架在顶推体系转换时监控实测值与理论值的偏离程度进行分析。得到以下主要结论:

(1) 钢桁架顶推存在前后两次体系转换,第一次是悬臂状态转换为连续梁状态,第二次是连续梁状态转换为简支梁状态;

(2) 第一次转换完成前,结构处于最不利的受力状态,杆件的轴线偏位、线形偏差,钢导梁与主桁架连接杆件的应力状态为监控的要点;

(3) 在第一次体系转换完成后,有必要对钢桁架与钢导

梁连接处的部分杆件进行加固;

(4) 通过分析第二次体系转换时的监测数据,得出第二次体系转换时结构位移及应力状态趋于稳定,杆件落架后各项力学指标均满足设计要求。

参考文献

- [1]周广庆.试论大跨度钢桁架桥整体顶推施工方法的应用[J].科技创新导报,2013(16):4.
- [2]赵人达,张双洋.桥梁顶推法施工研究现状及发展趋势[J].中国公路学报,2016.
- [3]李兆峰,牛忠荣,方继,等.大型连续钢桁梁桥顶推施工中关键节点力学分析研究[J].铁道学报,2021,43(4):8.
- [4]田仲初,张华平.顶推施工中导梁的合理配置[J].世界桥梁,2005(4):4.
- [5]李加才,陈衡, LiJiacai, 等.蚌埠市淮河公路桥步履式顶推施工关键技术[J].施工技术,2015(4):5.
- [6]交通部公路科学研究院.JTG F80/1-2017公路工程质量检验评定标准(1)—土建工程[M].人民交通出版社,2018.
- [7]中交公路规划设计院有限公司.公路钢结构桥梁设计规范[M].人民交通出版社,2015.

(上接第466页)

听”技巧的培训,或者举办“倾听”大赛呢?还有谁会做“倾听”技巧的培训呢?

俗话说:“台上一分钟,台下十年功。”这已经充分说明教师要讲好一堂课不容易;然而,更不容易的是让教师回答几十乃至成百上千学生所提出的各类层出不穷且有可能刁钻古怪的难题;更难的是教师做人做事方面都要成为学生的榜样。教师用知识武装自己相对还容易一些,再将所学知识用出来就有一定的难度了,最难的是要让学生真正能够“学以致用”。

综上所述,“不言之教”施行起来太难太难了。

5.3 难以推广

前面已经阐明,在“言教”大行其道的情况下,“不言之教”很难受到关注,更别说会有人还按照这样去做了。那么,将“不言之教”加以推广简直就是异想天开且遥不可及了。但是,前面也阐明了“不言之教”的诸多好处与“言教”的各种弊端,既然如此,我们就不必等他人行“不言之教”了,就从自身做起就好了。

总而言之,“不言之教”从我做起。

参考文献

- [1]李忠.“不言之教”是什么教?——兼论先秦道家教

育思想的原创性特质[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2021年3月第2期。

[2]黄克剑.老子“不言之教”义趣疏证[J].哲学研究,2013年第9期。

[3]范建锋.谈老子的“不言之教”[J].教育探索,2009年第7期。

[4]李学勤主编.字源[M].天津:天津古籍出版社,2012.12.

[5]谷衍奎编.汉字源流字典[M].北京:语文出版社,2008.1.

作者简介:

张毅(1971-),汉族,四川邻水人,西南政法大学商学院,副教授,研究方向:跨文化营销。曾先后在《软科学》、《华东经济管理》、《西南民族大学学报》、《商业时代》、《中国市场》、《企业活力》等杂志发表过论文,出版过两部专著。主持教育部社会科学一般项目,以及重庆语言文字科研一般项目。

基金项目:项目基金:本论文得到重庆市语言文字科研课题“《老子》帛书甲本汉字字源研究”(yyk21226)资助。