

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.04.041

钢-混组合连续箱梁施工监控分析

李德存^{1,2}

(1.上海市建筑科学研究院有限公司,上海市 200032; 2.上海市工程结构安全重点实验室,上海市 200032)

摘要:通过对某特大桥 45 m+70 m+45 m 变截面钢-混组合连续箱梁施工监控情况,论述了此种结构类型桥梁施工监控的内容、方法和步骤。运用 Midas Civil 软件模拟分析钢-混组合连续箱梁施工的受力和变形特点,得到施工各个阶段的的受力及变形状态,与实际工况予以比较分析,检验了计算模型和结果的可靠性。表明使用的理论模型较好地反映了桥梁结构的实际工作状态,施工监控方法达到了预期的效果。相关分析成果也可以作为同类桥梁结构施工控制分析的技术参考。

关键词:钢-混组合连续箱梁;施工监控;数据分析

中图分类号: U446.2

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)04-0170-06

0 引言

连续梁桥施工控制既是施工质量的保证措施,又是确保施工过程安全保证措施。施工监控是对施工过程中梁体的主要受力断面应力、主梁各节段工况下的变形、结构线形的观测,将适合结构现场测试的技术和分析技术应用于施工,并通过结合实际的施工过程、结构计算分析、监控量测及反馈控制形成一套完整的系统。以保证成桥后的桥面线形以及各项参数达到设计要求,力求结构的内力状态与设计理想状态基本吻合,确保施工过程中桥梁的安全和建设完成后的运营安全。

本文基于某特大桥主桥 45 m+70 m+45 m 变截面钢-混组合连续箱梁施工监控情况进行分析研究,相应成果可以作为其他类似桥梁结构施工监控技术参考。

1 工程背景

某特大桥平面位于 $R=8\ 000\text{ m}$ 左偏平曲线及直线上,最大纵坡为 1.5%,桥面横坡为 1.5%,采用正交径向布置。全长 2 248 m,跨径组合为 $4\times 40\text{ m}$ 预制 T 梁+(45 m+70 m+45 m)钢-混组合变截面连续箱梁+ $5\times(4\times 40\text{ m})$ 预制 T 梁+ $3\times 40\text{ m}$ 预制 T 梁+(45 m+70 m+45 m)钢-混组合变截面连续箱

梁+ $3\times(4\times 40\text{ m})$ 预制 T 梁+ $3\times(3\times 40\text{ m})$ 预制 T 梁。单幅桥梁横向布置为:0.50 m(混凝土防撞护)+11.50 m(车行道)+0.80 m(波形防撞护栏)。

主桥上部结构采用 45 m+70 m+45 m 钢混组合变截面连续箱梁(见图 1)。组合形式为 62.5 m 预应力混凝土变截面箱梁+35 m 钢-混凝土等截面叠合梁+62.5 m 预应力混凝土变截面箱梁。中跨跨中 35 m 钢-混凝土等截面叠合梁梁高为 1.6 m,其中钢箱梁梁高为 1.4 m;为整体单箱三室的截面形式,箱梁顶板宽度为 12.80 m,底板宽 6.50 m,翼缘板长为 3.15 m。采用预应力混凝土单箱单室截面变截面箱梁,梁底高程按二次抛物线变化,在桥梁主墩支点处梁高 4.1 m,桥梁边墩支点处梁高为 1.8 m,在混凝土箱梁中跨与钢箱梁相接处梁高为 1.6 m;箱梁顶板宽度为 12.8 m,底板宽度为 6.5 m,翼缘板悬臂长为 3.15 m,端部厚 0.18 m,根部厚 0.5 m。

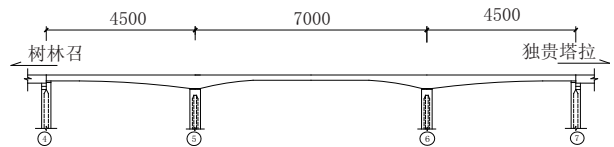


图 1 大桥第二联主桥桥型布置示意图(单位:cm)

主桥钢-混连续箱梁采用支架整体现浇施工工艺,中跨跨中钢箱梁采用架桥机架设焊接安装。

根据主桥上部结构的施工工艺,对施工中的临时墩支架平台、预应力筋张拉、支架拆除、钢箱梁吊装以及成桥等施工阶段的桥梁线形和结构应力变化情况进行重点监控。在桥梁具体的施工过程中可以用施工→测量→参数识别→分析→修正→预测施工的自

收稿日期: 2023-04-10

基金项目: 上海市科委优秀技术带头人项目(22XD1433300)

作者简介: 李德存(1988—),男,大专,工程师,从事桥梁检测评估工作。

适应控制法对桥梁全程监控^[1]。

施工工序见图2。

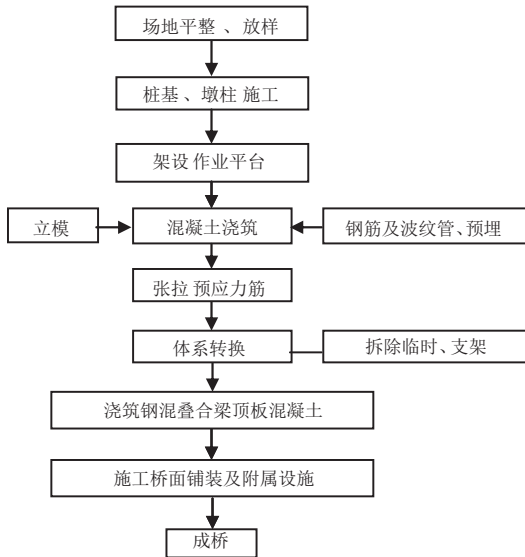


图2 施工工序

2 监控内容及方法

桥梁施工监控的主要任务是为了有效保障在施工过程中桥梁结构的变形及内力始终保持在设计容许的安全偏差范围内,确保成桥状态下,外形、内力及线形符合设计要求。围绕上述两个主要任务目标,针对特大桥的施工监控的主要工作内容主要为:结构线形变化监控量测、应力监控量测、箱梁内外温度场监控量测、支架稳定性及施工安全监控。上述几方面监控以结构线形变化监控量测、应力监控量测及支架稳定性监测为主。

2.1 结构线形变化监控量测

无论采取哪种方法进行施工,桥梁因自身的特性,结构在施工进程中总会因某种原因产生形变,且形变影响受到许多内外因素引导,致使结构在施工进程中实际的位置姿态偏离设计预期的姿态,从而导致桥梁成桥线形与设计的要求不相符或造成桥梁难以顺利进行合拢;因此在施工过程中需对结构加以变形监测。

该桥支架系统纵向贝雷架挠度测点布置原则:纵向布置于每跨跨中,每跨横向共14片贝雷片,每2片一组布置1个测点,每现浇段共布置28个挠度测点,42个支撑点沉降观测点。该桥主梁高程测试控制点布置原则如下:每幅桥横桥向布置3条测线(分别位于两腹板及箱梁中心线位置),每条测线纵向布置17个测点,主桥共布置51个。

2.2 结构应力监控量测

桥梁结构主跨应力监控量测是施工监控的一个

重要且不可缺少的内容,一方面可以准确知道施工进度当前状态下结构实际应力状态和设计应力状态的差异,可为结构计算参数提供重要的识别依据;另一方面一旦发现结构应力达到临界值或超限,必须立即向施工控制领导小组发出危险警报,并提出相关处理建议。

另外,因监控量测的需要,一部分应力监测传感器等需埋设于结构内部,相关传感器目前均具有一定的有效寿命和耐久性,可以在后期对桥梁运营期进行监测,可随时掌握大桥当前的“健康”状况。

梁体应力监测截面设置在边跨跨中及悬臂段墩顶处,见图3、图4。

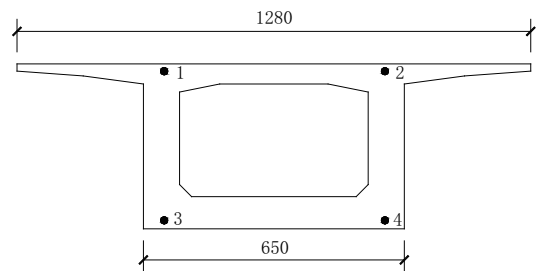


图3 应力测点布置图(单位:cm)

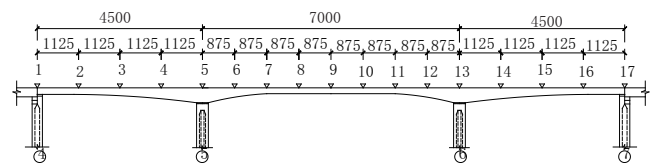


图4 主桥线形测点纵向布置图(单位:cm)

2.3 结构稳定性和安全监测

该特大桥位于鄂尔多斯市,据统计该地区50 a一遇的风速为23.3 m/s,支架系统最大高度达27 m,属于一级高处作业,支架稳定性控制更显突出,它与应力和线形监控有着同等的甚至更重要的意义。对此,我们对支架系统的强度、刚度及稳定性进行了验算分析,并结合现场支架系统的变形监测,保证支架施工的安全。

安全控制也是施工控制的一个重要内容,只有确保施工过程中的安全,才能具备其他控制和桥梁的建成交付。所以桥梁在施工过重中的安全控制是上述形变、应力(应变)及稳定控制的综合考虑体现,只有各项均得到了有效的控制,施工安全才能达到良好的控制效果。

3 结构计算分析

3.1 理论模型建立

根据施工组织方案,主桥上部结构的施工工艺及结构变形和内部应力变化情况,将主桥计算模型

划分为支架现浇、预应力张拉、钢箱梁吊装及体系转换(支架拆除)、浇筑钢箱梁顶板混凝土、桥面铺装等几个施工阶段。

根据计算模型的分析结果,校核各个施工阶段中主梁控制截面混凝土结构形变及应力能否在《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTGD62—2004)^[3]和《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041—2000)^[4]允许范围以内,同时以此理论计算值为依据对桥梁施工进行全程监测控制。主梁的主要材料参数见表1。

表1 主梁主要材料基本参数一览表

材料	弹性模量 /MPa	泊松比	线膨胀系数	容重 /($kN \cdot m^{-3}$)
C55 混凝土	3.55×10^4	0.2	1.0×10^{-5}	25.00
Q345 钢材	2.06×10^5	0.3	1.2×10^{-5}	76.98
钢绞线	1.95×10^5	0.3	1.2×10^{-5}	78.50

现浇支架施工用迈达斯弹性连接中只受压单元模拟,刚度取预压试验反算得到的支架刚度;桥梁支座以设计文件中设置的支座进行模拟。主桥的45 m+70 m+45 m上部结构钢混组合变截面连续箱梁计算模型见图5。计算模型荷载需考虑混凝土收缩徐变、自重、温度及预应力荷载,以及施工过程中可能出现的其他荷载。

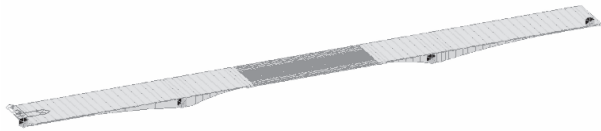


图5 主桥变截面钢混叠合连续箱梁计算模型

3.2 理论计算结果

(1)各施工阶段梁体变形理论分析

根据建立的迈达斯施工阶段分析模型,计算出各施工阶段梁体变形测点的理论变形值见表2及图6。

(2)各施工阶段梁体应力分析

根据前期建立的迈达斯施工阶段分析模型,提取各个施工阶段控制截面处测点的计算应力值见表3。

主桥箱梁材料为C55混凝土,根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTGD62—2004)^[3]可知,C55混凝土的抗压强度标准值为35.50 MPa,抗拉强度标准值为2.74 MPa。因此本次监控规定在预应力和构件自重等荷载作用下边缘混凝土的法向应力应符合:压应力不大于19.88 MPa(施工阶段混凝土强度按80%标准强度计算),拉应力不大于1.53 MPa。

在桥梁整个施工过程中控制截面各测点中最大

表2 各施工阶段变形测点理论计算值

测点桩号	测点距边跨梁端距离 /m	各施工阶段梁体测点变形 /mm				
		简支悬臂段	预应力张拉	钢箱梁架设后	叠合梁混凝土浇筑	桥面铺装
K125+0	0.00	0.0	-0.4	0.4	-0.1	-0.2
K125+11.25	11.25	0.0	5.7	-8.4	0.6	2.3
K125+22.5	22.50	0.0	3.1	-15.4	-2.5	0.4
K125+33.75	33.75	0.0	-0.3	-11.9	-2.9	-0.2
K125+45	45.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K125+53.75	53.75	0.0	6.7	13.3	4.1	0.7
K125+62.5	62.50	0.0	24.7	31.4	9.3	0.4
K125+071.25	71.25	0.0	—	91.7	31.6	1.4
K125+080.00	80.00	0.0	—	106.6	56.9	2.9
K125+088.75	88.75	0.0	—	90.0	38.7	0.9
K125+97.5	97.50	0.0	24.9	34.0	11.8	1.4
K125+106.25	106.25	0.0	6.7	14.0	4.8	1.4
K125+115	115.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
K125+126.25	126.25	0.0	-0.3	-12.3	-3.3	-0.6
K125+137.5	137.50	0.0	2.9	-15.8	-2.9	0.1
K125+148.75	148.75	0.0	5.5	-8.5	0.6	2.5
K125+160	160.00	0.0	-0.4	0.4	-0.1	-0.2

注:1. 钢箱梁预制构件设置7.7 cm的预拱度,其中跨中预拱7.7 cm,其他部分按二次抛物线预拱。

2.“各施工阶段计算变形”以简支加悬臂段现浇后测得梁体测点标高为初始值,测点下挠为负,上挠为正。

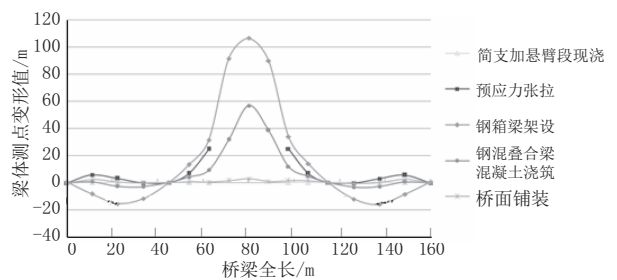


图6 主桥理论计算各施工阶段结构高程对比图

压应力为10.7 MPa,最大拉应力为0.7 MPa;可见,悬臂段墩顶处截面下缘受拉及边跨跨中截面下缘受压是此次应力监控的重点。

4 施工监控结果及分析

4.1 线形监控结果与分析

变形是桥梁结构在施工进程中必然要产生的,且产生的变形的原因受到诸多内、外因素的影响,致使桥梁结构实际形态在施工进程中偏离设计预期状态,从而导致桥梁成桥线形状态与设计预期不相符或难以顺利合拢;本桥线形监控主要根据支架预压过程中支架变形,考虑预应力张拉、钢箱梁吊装、支

表3 各施工阶段应力测点理论计算值

截面	测点编号	各施工阶段应变测点理论计算值/MPa					护栏及沥青桥面铺装
		现浇段混凝土浇筑	预应力张拉	钢箱梁吊装	支架拆除后	钢箱梁混凝土浇筑	
1#	1-1	0.0	-7.6	-8.0	-8.8	-7.0	-7.9
	1-2	0.0	-7.8	-8.1	-8.9	-7.1	-8.1
	1-3	0.0	-8.0	-7.5	-6.4	-9.1	-10.7
	1-4	0.0	-8.0	-7.4	-6.3	-9.0	-10.6
2#	2-1	0.0	-7.5	-5.6	-6.0	-4.9	-4.4
	2-2	0.0	-7.5	-5.5	-5.9	-4.8	-4.4
	2-3	0.0	0.7	-1.7	-1.2	-2.6	-4.1
	2-4	0.0	0.7	-1.7	-1.2	-2.6	-4.1
3#	3-1	0.0	-7.5	-5.6	-6.0	-4.9	-4.4
	3-2	0.0	-7.5	-5.5	-5.9	-4.8	-4.4
	3-3	0.0	0.7	-1.7	-1.2	-2.6	-4.1
	3-4	0.0	0.7	-1.7	-1.2	-2.6	-4.1
4#	4-1	0.0	-7.6	-8.0	-8.8	-7.0	-7.9
	4-2	0.0	-7.8	-8.1	-8.9	-7.1	-8.1
	4-3	0.0	-8.0	-7.5	-6.4	-9.1	-10.7
	4-4	0.0	-8.0	-7.4	-6.3	-9.0	-10.6

注:1.应力“测点”的编号规则为“测试截面—测点号”,例如“2-4”表示“2截面4号测点。”

2.压应力为负,拉应力为正,下同。

架拆除、钢箱梁顶板混凝土施工以及桥面铺装施工等施工阶段施工荷载对桥梁结构线形变化规律的影响,提供简支加悬臂段现浇混凝土箱梁合理立模标高,保证钢箱梁顺利焊接安装合拢,实现线形监控目标。

(1)各施工阶段线形监测结果

对该主桥梁体顶板处标高进行了跟踪测量,测得各施工阶段梁体线形,并给出成桥后桥梁线形(桥面标高去除桥面铺装后的线形)与设计线形存在的误差,其中左幅线形测量结果见图7,右幅线形测量结果见图8。

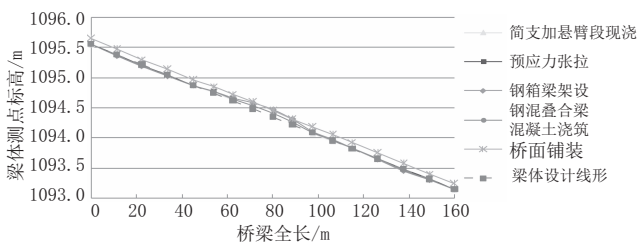


图7 各施工阶段左幅梁体线形变化图

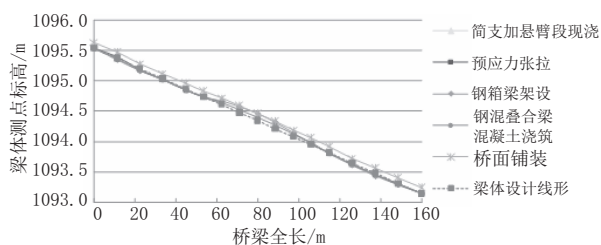


图8 各施工阶段右幅梁体线形变化图

主桥在成桥后,左幅、右幅各测点梁体线形的标高与设计标高偏差不超过16 mm、18 mm,两悬臂端相对高差在悬臂端合拢时分别为28 mm、3 mm。满足^[4,5]对桥梁标高的精度要求。当桥面完成面层摊铺后,桥跨间将具有较为平顺的线形。

综上可知,施工过程中实施的跟踪监测和控制手段较好地提供了合理的立模标高预抬值,较好地保证了桥梁线形符合设计要求。

(2)各施工阶段结构变形分析与控制

桥梁的结构线形监测应对施工期间各个阶段进行,并将监测得到的测量值与理论计算值做比较修正,控制结构整体线形,便于其满足设计要求。

左幅桥梁各施工阶段相对变形的实测值与计算值对比结果见图9至图12。右幅桥梁各施工阶段相对变形的实测值与计算值见图13至图16。

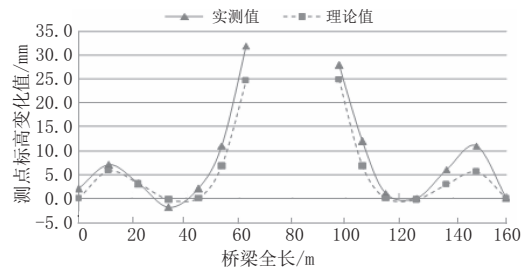


图9 预应力张拉后左幅梁体线形变化对比图

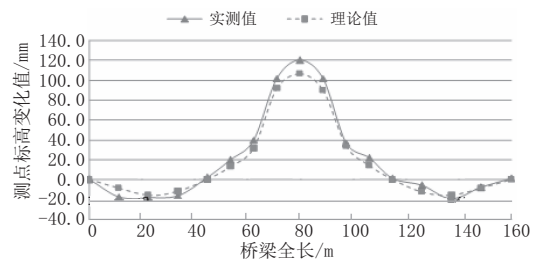


图10 钢箱梁架设后左幅梁体线形变化对比图

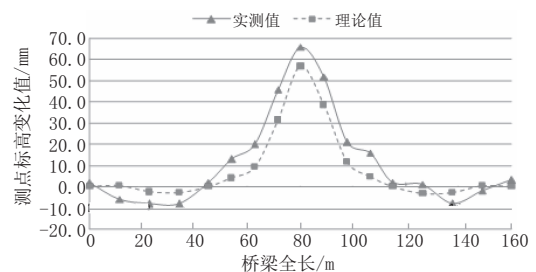


图11 钢-混叠合梁顶板混凝土浇筑后左幅梁体线形变化对比图

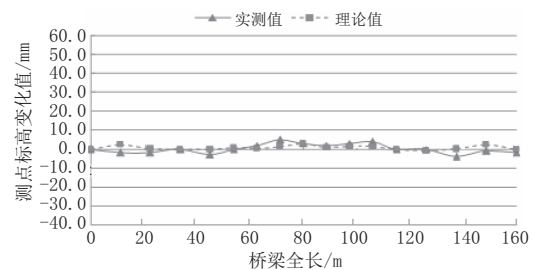


图12 桥面铺装后左幅梁体线形变化对比图

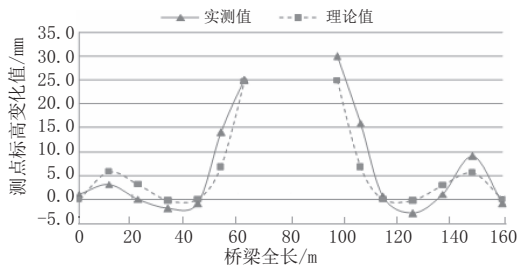


图 13 预应力张拉后右幅梁体线形变化对比图

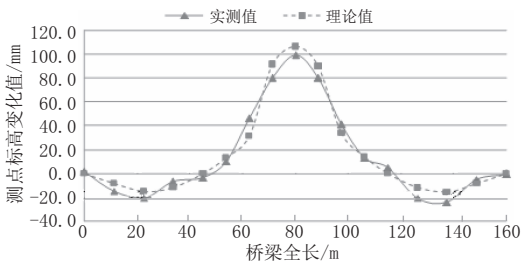


图 14 钢箱梁架设后右幅梁体线形变化对比图

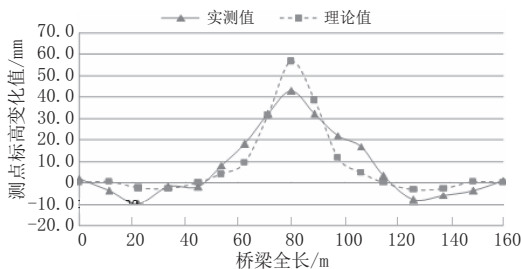


图 15 钢-混叠合梁顶板混凝土浇筑后右幅梁体线形变化对比图

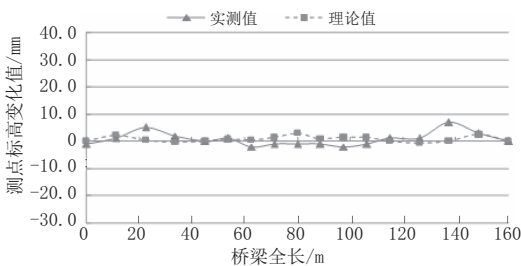


图 16 完成铺装后右幅梁体线形变化对比图

梁体悬臂段在结构预应力张拉后翘起和边跨上拱,左幅、右幅线形计算偏差与实测标高最大为 5.5 mm、9.3 mm,其中悬臂端偏差分别为 5.3 mm、5.1 mm;桥梁计算线形与实测线形标高,在完成钢箱梁架设后累计偏差最大为 13.4 mm、15.6 mm,对应主桥箱梁跨中位置;桥梁计算线形与实测线形标高,在钢箱梁混凝土浇筑后,累计偏差最大为 14.4 mm、12.9 mm;桥梁计算线形与实测线形标高,在完成桥面铺装后累计偏差最大为 4.3 mm、6.9 mm。表明钢箱梁体的实测线形与理论计算偏差较小。

综上所述,桥梁各施工阶段线形测点标高变化累计偏差不超过 15.6 mm,施工过程中梁体线形变化规律与理论计算较为吻合,且预应力张拉后现浇段悬臂端标高的偏差较小,保证了桥梁合拢及线形质量的要求。施工控制中建立了有效的桥梁施工阶段

分析模型,较好地保证了桥梁线形符合设计要求。

4.2 应力监控结果与分析

主跨结构应力监控量测属于施工监控中的一个重要内容,一方面能较为准确地了解结构实际应力状况和设计应力状况的偏差;另一方面一旦发现结构应力超限,可以提出危险预警及处理建议,避免恶性质量事故的发生,从而达到结构安全施工的目的。

(1)各施工阶段应力监测结果

现浇段混凝土控制截面埋设应力传感器,进行应力测试。通过对各施工阶段测试截面的梁体应力进行跟踪监测,了解梁体的应力状态是否在允许范围,从而对桥梁施工取得控制的作用。一方面保证梁体混凝土应力状态处于受监控状态,另一方面也为桥梁施工安全得到保障。本次监测主要测试了边跨跨中及墩顶悬臂侧截面的混凝土应力,测试结果见表 4、表 5。

表 4 左幅桥梁各施工阶段梁体混凝土控制截面应力测试结果

截面	测点	各施工阶段梁体测试截面混凝土应力 /MPa					
		现浇段混凝土现浇	预应力张拉	钢梁架设安装	拆除支架	钢梁混凝土浇筑	桥面铺装
1#	1-1	0.0	-8.9	-8.8	-9.5	-8.5	-8.4
	1-2	0.0	-8.1	-8.0	-9.2	-8.2	-8.7
2#	2-1	0.0	-8.9	-8.1	-8.6	-6.4	-6.0
	2-2	0.0	-9.2	-7.5	-8.0	-6.1	-5.8
3#	3-1	0.0	-8.0	-7.6	-8.1	-6.9	-6.4
	3-2	0.0	-7.9	-6.8	-7.2	-6.1	-5.8
4#	4-1	0.0	-8.7	-10.0	-11.6	-10.1	-10.7
	4-3	0.0	-11.2	-12.3	-9.3	-13.3	-13.8

表 5 右幅桥梁各施工阶段梁体混凝土控制截面应力测试结果

截面	测点	各施工阶段梁体测试截面混凝土应力 /MPa					
		现浇段混凝土现浇	预应力张拉	钢梁架设安装	拆除支架	钢梁混凝土浇筑	桥面铺装
1#	1-1	0.0	-8.3	-9.1	-11.1	-9.5	-10.2
	1-2	0.0	-8.6	-9.7	-12.3	-10.9	-11.1
	1-3	0.0	-10.4	-10.3	-8.5	-11.3	-12.6
2#	2-1	0.0	-8.5	-7.4	-7.9	-6.6	-5.8
	2-2	0.0	-9.0	-7.7	-8.1	-6.3	-5.4
	2-3	0.0	1.0	-1.5	-0.8	-2.0	-3.2
3#	3-1	0.0	-8.2	-7.3	-8.0	-6.8	-6.4
	3-2	0.0	-7.8	-6.6	-7.0	-5.9	-5.8
	3-3	0.0	1.3	-2.3	-1.7	-3.0	-4.6
4#	4-1	0.0	-8.1	-8.3	-9.3	-8.1	-8.9
	4-2	0.0	-8.4	-7.9	-9.0	-7.8	-8.8
	4-3	0.0	-9.2	-9.1	-7.2	-9.5	-11.6

梁体混凝土在各施工阶段主要处于受压状态,左幅4#截面下缘4-4测点在桥面铺装后最大压应力可至14.1 MPa;悬臂段墩顶处混凝土截面下缘在张拉预应力阶段处于受拉状态,其中右幅桥梁3#截面3-3测点最大拉应力可达1.3 MPa。均符合“压应力不大于19.88 MPa(施工阶段混凝土强度按80%标准强度计算),拉应力不大于1.53 MPa”的结构应力控制要求。

(2)各施工阶段桥跨结构应力分析

对箱梁控制截面混凝土应力的监测,并对实测值与理论计算值比较,从而校正监控,也可以对后续施工过程进行更加有效的控制。此次应力监控量测实测值与理论计算值对比结果见表6、表7。

表6 左幅各施工阶段应力测点实测值与理论值偏差一览表

截面	测点	各施工阶段梁体测试截面混凝土应力比较结果 /MPa					
		现浇段浇筑后	预应力张拉	钢箱梁架设安装	拆除支架	钢箱梁混凝土浇筑	桥面铺装
1#	1-1#	0	-1.3	-1.3	-0.7	-1.5	-0.5
	1-2#	0	-0.3	-0.6	-0.3	-1.1	-0.6
	1-3#	0	-1.6	-1.4	-1.2	-0.8	-0.8
2#	2-1#	0	-1.4	-2.5	-2.6	-1.5	-1.6
	2-2#	0	-1.7	-2	-2.1	-1.3	-1.4
	2-3#	0	0.5	0.4	0.3	0.5	0.8
3#	3-1#	0	-0.5	-2	-2.1	-2	-2
	3-2#	0	-0.4	-1.3	-1.3	-1.3	-1.4
	3-3#	0	0.4	-1.2	-1.1	-0.7	-0.5
4#	4-1#	0	-1.1	-2.5	-2.8	-3.1	-2.8
	4-2#	0	-1.1	-3.6	-3.4	-4.2	-3.4
	4-3#	0	-3.2	-4.3	-2.9	-4.2	-3.1

由以上数据可知:主梁各施工阶段混凝土截面实测应力变化规律与理论计算基本一致;主梁各应力测点的理论值与实测值比较接近,但支架拆除于钢箱梁焊接安装未完成之时,致使控制截面混凝土应变偏差偏大,最大偏差发生在钢箱梁安装阶段的左幅4#截面4-4测点,偏差达5.0 MPa,但处于受压状态,梁体应力并未超过应力限值;分析成桥阶段各应力测点的理论值与实测值,可知成桥后梁体混凝土应力满足设计要求。

5 结语

(1)本文通过对某特大桥钢-混组合连续箱梁主桥施工监控内容、方法、计算过程及实测数据与理论

表7 右幅各施工阶段应力测点实测值与理论值偏差一览表

截面	测点	各施工阶段梁体测试截面混凝土应力比较结果 /MPa					
		现浇段浇筑后	预应力张拉	钢梁架设安装	拆除支架	钢梁混凝土浇筑	桥面铺装
1#	1-1#	0	-0.7	-1.6	-2.3	-2.5	-2.3
	1-2#	0	-0.8	-2.3	-3.4	-3.8	-3.0
	1-4#	0	-3.2	-3.4	-2.9	-2.7	-2.6
2#	2-1#	0	-1.0	-1.8	-1.9	-1.7	-1.4
	2-2#	0	-1.5	-2.2	-2.2	-1.5	-1.0
	2-4#	0	0.5	0.4	0.2	0.6	1.1
3#	3-1#	0	-0.7	-1.7	-2.0	-1.9	-2.0
	3-2#	0	-0.3	-1.1	-1.1	-1.1	-1.4
	3-3#	0	0.6	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5
4#	4-1#	0	-0.5	-0.8	-0.5	-1.1	-1.0
	4-2#	0	-0.6	-0.5	-0.1	-0.7	-0.7
	4-3#	0	-1.2	-1.1	-0.8	-0.4	-0.9

计算结果的对比分析,由论文数据分析可知,连续梁部分在成桥后各监测测点高程与设计高程偏差最大为18 mm,悬臂端合拢时相对高差最大为28 mm,均满足相关规范的规定限值要求。桥面铺装后,形成相对平顺的结构线形。由此表明,施工过程中实施的跟踪监测和控制手段较好地提供了合理的立模标高预抬值,较好地保证了桥梁线形符合设计要求。

主梁各施工阶段混凝土截面实测应力变化规律与理论计算基本一致,梁体应力未超过应力控制值,成桥后梁体混凝土应力满足设计要求。

(2)主桥施工监控工作实现了连续箱梁现浇、预应力张拉、钢箱梁吊装、钢箱梁混凝土浇筑、沥青桥面铺装等施工过程的安全,确保了成桥后桥梁的结构线形及应力符合相关设计、规范等要求,实现了设计意图。进一步表明,本文所采用的理论模型能相对较好的反映桥梁结构的实际施工状态,采用的施工方法也达到了较好的施工控制效果。能够为以后类似桥梁结构施工监控工作提供相应的参考和借鉴^[2]。

参考文献:

- [1] 杨建勇,成菲.预应力混凝土连续箱梁桥施工过程的应力监控[J].企业科技与发展,2015(24):53-54.
- [2] 王小奎,王兴国,潘登.预应力混凝土连续箱梁桥施工过程的线性监控分析[J].水利与建筑工程学报,2017(15):76-80.
- [3] JTG D62—2004,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [4] JTJ 041—2000,公路桥涵施工技术规范[S].
- [5] JTGF 80-1—2004,公路工程质量检验评定标准[S].