

连续梁施工线形控制分析研究

王 杰

(中铁二十局集团第二工程有限公司, 陕西 渭南 714000)

摘 要 随着建设工程领域桥梁连续梁施工技术越来越成熟, 特别是连续梁施工方面突飞猛进, 为公路和铁路建设跨越河流湖泊、既有道路提供了巨大助力。本文深入分析了线形控制技术在大跨度悬臂浇筑连续梁施工中的应用情况, 以期对推动线形控制技术的进一步研究与实践并探索其在多样化桥梁结构和复杂施工条件下的适用性有所裨益, 从而为桥梁工程的长期稳定发展奠定更加坚实的技术基础。

关键词 连续梁; 自适应控制; 建模; 线形控制

中图分类号: U445

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.08.001

0 引言

通过严格的连续梁施工线形控制, 可以有效减少结构缺陷的发生, 保证桥梁的整体施工质量。本文通过在 (68+128+68) m 连续梁线形控制施工中采用自适应控制思路, 建立有限单元模型计算, 现场实测相对比辨识, 在达到与实际结构相一致的基础上对施工状态进行控制, 为以后大跨度连续梁施工方案提供选择与参考。

1 工程概况

铜陵港江北港区铁路专用线黄泥河特大桥 (68+128+68) m 连续梁位于合肥市庐江县泥河镇, 跨越 IV 级航道, 航道宽 50.4 m, 通航净空 6 m 的黄泥河。全长 265.4 m, 采用单箱设计。连续梁分为 63 段, 包括 2 段边墩现浇、2 段中墩现浇和 3 段合龙段, 其余为悬浇节段。节段长度有 3.5 m、4 m、4.5 m, 合龙段 2 m,

中墩现浇段 12 m, 边墩现浇段 3.7 m。

2 施工线形控制的依据

连续梁施工控制遵循一个循环流程, 即“预测→施工→监测→分析计算→调整→再预测”, 通过这个过程确保连续梁在几何和力学性能上达到既定的设计要求^[1], 实现结构的内力分布合理和外观形态美观。

自适应控制系统是通过一比一建立的模型在闭环反馈控制和系统辨识过程中^[2], 将实际测量数据输入计算模型, 修正和调整模型参数, 使计算模型和实际结构相一致, 自动适应结构的物理力学, 确保现场施工状态得到更好的控制。自适应控制系统控制原理见图 1。

3 施工监控实施细则

3.1 施工平面及高程控制

在 0 号块箱梁顶面布置 9 个线形控制基准点, 顶部梁段中心和梁端 200 mm 处分别设 1 个, 共 3 个, 底

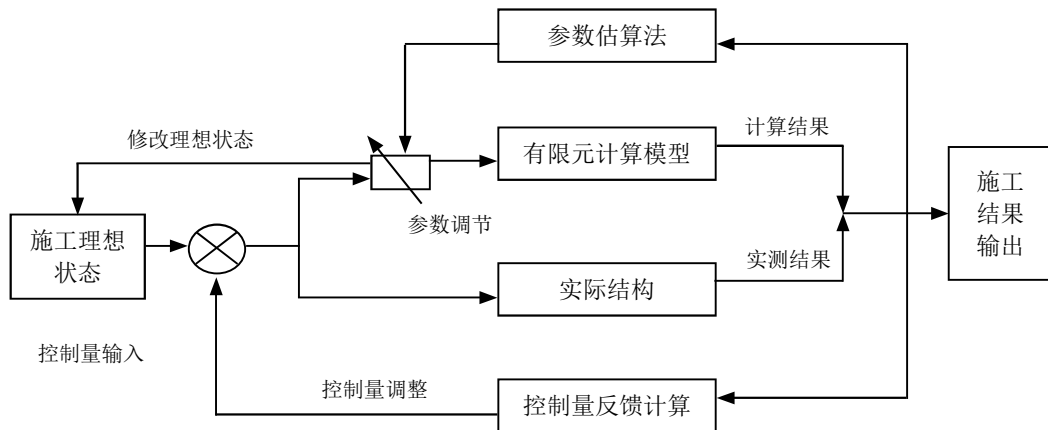


图 1 自适应控制系统控制原理图

面的顶部梁段中心和梁端两侧各设2个,共6个高程观测点;悬浇箱梁节段在箱梁顶面设1个高程观测点,底面两侧各设2个高程观测点。测点离节段前端面200 mm处。控制点布置见图2。

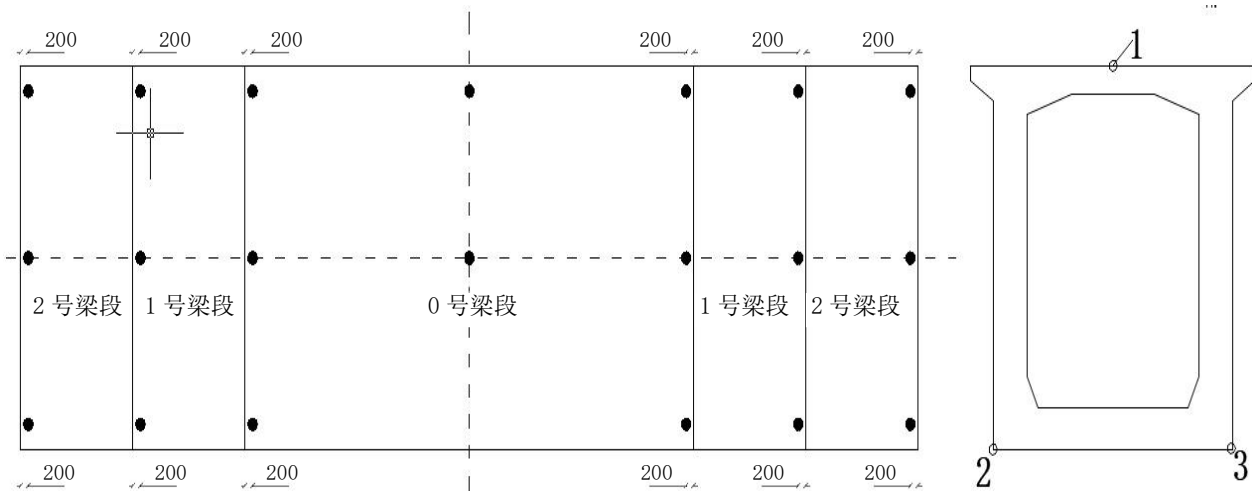


图2 控制点布置图(mm)

合水准路线形式进行挠度变形观测;根据桥墩基础沉降观测控制悬臂施工,承台上对称设置4个埋置式测点,在0号段、1号段施工后、合龙前后、施工三个月后及时整理资料进行分析;大气温度变化、日照温差对变形影响显著,进行24小时跟踪测量,量测气温变化值。

3.3 箱梁体系转换及合龙的监测

体系转换及合龙段施工前,对模板安装前、浇筑前后、初张后、张拉完成后5个工况下的悬臂箱梁高程进行联测,合龙时浇筑中进行变形监测。

4 挠度变形的因素处理

4.1 支架、托架以及挂篮变形

采用分级静载预压试验,我们可以在1.2倍设计荷载下逐步增加荷载,从而收集支架、托架和挂篮的变形数据。通过这些数据绘制出荷载与变形之间的关系曲线,并确定在施工过程中各梁段的垂直变形值。

4.2 弹性模量与容重测定

按照标准规程,对连续梁浇筑的混凝土进行现场采样,并制作成标准试样。首先对这些试样进行精确的尺寸测量,然后通过称重来确定它们的实际密度。接着在7天、14天和28天的关键时间点,分别测试这些试样的弹性模量。通过这些测试可绘制出弹性模量随时间变化完整曲线图。

3.2 悬浇施工控制测量

悬臂每一节段施工中,进行立模后、浇筑前、张拉后的挠度、高程和中线位置测量^[3]。实测与预测存在差值,高差小于15 mm,中线位置小于5 mm;以闭

4.3 管道摩阻损失测定

为了精确评估预应力管道中的摩擦损耗,从桥梁的顶部和底部管道中,至少挑选三组不同角度的管道用于摩擦损耗测试。这些测试旨在收集用于计算预应力损失的设计参数,即摩擦系数 μ 和偏差系数 k 。通过实验我们能够确定实际管道的摩擦系数 μ 和偏差系数 k 。

5 计算模型

5.1 模型建立

运用midas有限元软件建立计算模型^[4]。为了进行全桥的结构分析,我们构建了一个包含75个单元和76个节点的详细计算模型,该模型在三维空间进行了精确模拟。模型将桥梁划分为0到14号块,以及边跨和中跨的合龙段,确保每个部分都能得到准确的表示。利用SPC截面特性工具,我们能够生成与实际梁段相匹配的单元截面,并自动计算这些截面特性,包括刚度和质量等。这些自动生成的有限元网格被用于截面刚度的计算,从而确保了分析的精确性和效率。

5.2 计算参数取值

连续梁结构使用C55等级混凝土,其弹性模量设定为 3.6×10^4 MPa,密度为26.5 kN/m³。桥梁二期恒载为103.5 kN/m。混凝土在70%相对湿度下,经过7天的

平均加载期和 2 000 天的最终期时,会发生收缩和徐变。使用的纵向钢绞线具有 1 860 MPa 的预应力和 1.95×10^5 MPa 的弹性模量。在锚固端和喇叭口的损失相当于锚外控制应力的 6%, 管道摩擦系数为 0.23, 管道偏差系数为 0.0025。列车活载的动力系数设定为 1, 预拱度按静活载的一半计算。温度变化考虑整体升温 25 °C 和降温 25 °C, 混凝土的线膨胀系数为 0.00001, 日照导致顶板升温 5 °C。基础不均匀沉降预计为 2 cm^[5]。

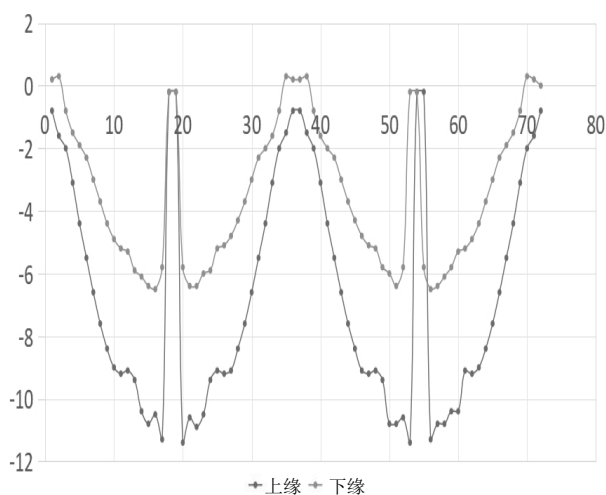


图 3 第 14 节梁段截面应力分析图 (MPa)

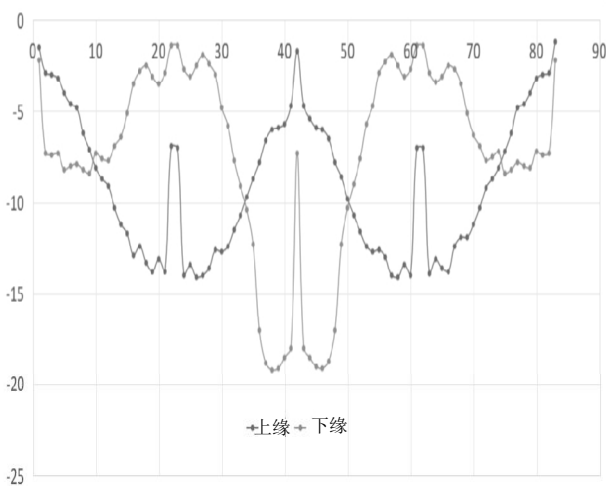


图 5 中跨合龙后截面应力分析图 (MPa)

6 控制成果

6.1 连续梁合龙精度

边、中跨合龙前实测的高程如表 1 所示。

6.2 连续梁整体线形

连续梁从 0# 节段开始实施线形控制, 全桥合龙后

5.3 关键施工节段应力分析

具体内容见图 3、图 4、图 5。

5.4 节段预拱度设定

定位高程计算: 定位高程 = 设计竖曲线高程 + 节段立模后所有工况位移 + 1/2 活载位移 + 挂篮变形^[6], 当理论值与实测值一致后按理论值及测量结果调整挂篮定位高程。通过计算得出恒载及 1/2 活载作用下断面挠度如图 6 所示。

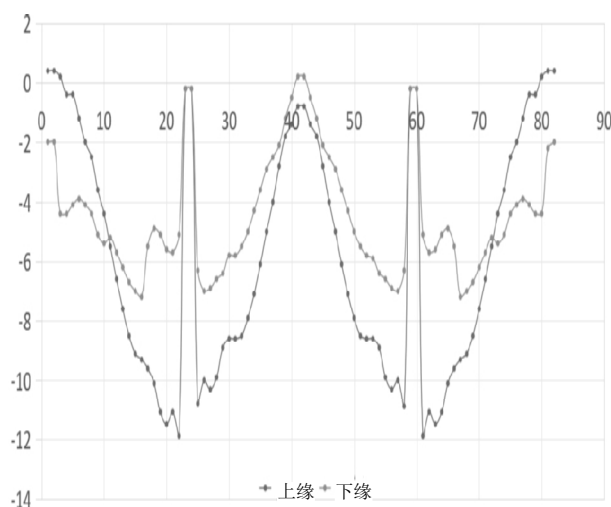


图 4 边跨合龙后截面应力分析图 (MPa)

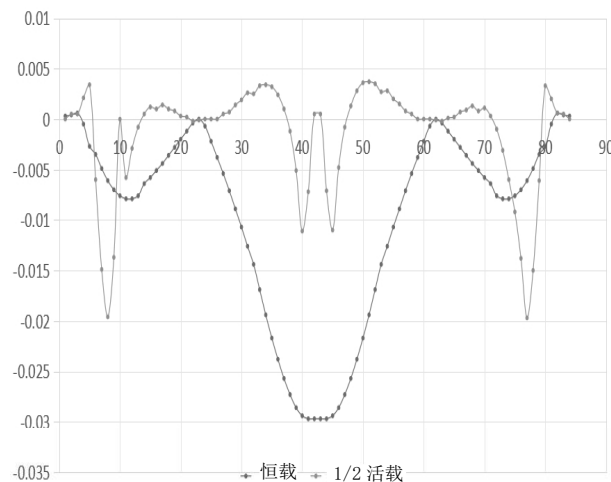


图 6 恒载及 1/2 活载作用下断面挠度 (m)
梁顶实测高程如表 2 所示。

7 结论

1. 采用前述理论对连续梁实施线形控制后, 全桥线形变化平顺。

2. 从表 2 中可以看出, 梁顶实际高程与设计值基

表 1 边、中跨合龙精度

测点位置	设计高程 (m)	实测高程 (m)	梁顶误差 (mm)
边跨合龙 62# 墩	22.490	22.503	-13
中跨合龙	21.952	21.944	8
边跨合龙 65# 墩	21.514	21.526	-12

表 2 全桥合龙后实测高程表

墩号	里程	设计高程 (m)	实测高程 (m)	梁顶差值 (mm)	墩号	里程	设计高程 (m)	实测高程 (m)	梁顶差值 (mm)
62# 边跨	DK2+324.195	22.505	22.5	5	65# 边跨	DK2+589.595	21.516	21.526	-10
边跨合龙	DK2+327.895	22.49	22.498	-8	边跨合龙	DK2+585.895	21.514	21.523	-9
	DK2+338.895	22.444	22.45	-6		DK2+466.895	21.91	21.905	5
	DK2+352.395	22.388	22.383	5		DK2+480.395	21.854	21.861	-7
	DK2+364.895	22.335	22.33	5		DK2+492.895	21.802	21.795	7
	DK2+376.395	22.288	22.289	-1		DK2+504.395	21.754	21.76	-6
	DK2+386.895	22.244	22.243	1		DK2+514.895	21.71	21.704	6
63#	DK2+398.895	22.194	22.192	2	64#	DK2+526.895	21.66	21.668	-8
	DK2+409.395	22.15	22.157	-7		DK2+537.395	21.616	21.613	3
	DK2+420.895	22.102	22.105	-3		DK2+548.895	21.571	21.564	7
	DK2+433.395	22.05	22.046	4		DK2+561.395	21.537	21.536	1
	DK2+446.895	21.994	21.988	6		DK2+574.895	21.517	21.526	-9
中跨合龙	DK2+456.895	21.952	21.946	6					

本相符。施工任务完成，施工成果符合预定标准。

3. 在进行连续梁悬臂施工时，必须对诸如弹线模量、承载能力、温度变化、收缩和徐变效应以及荷载等关键参数进行调整和优化，以确保桥梁建成后能够呈现出理想的线性形态。

参考文献：

[1] 铁道部经济规划研究院. 铁路预应力混凝土连续梁(钢构)悬臂浇筑施工技术指南: TZ 324-2010[S]. 2010-03-31.

[2] 张国碧. 大跨度铁路桥连续梁线形监控的研究 [D]. 北京: 北方工业大学, 2012.
[3] 中国铁路总公司. 客货共线铁路桥涵施工技术规范: Q/CR 9652-2017[S]. 2017-02-28.
[4] 葛俊颖. 桥梁工程软件 Midas Civil 使用指南 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
[5] 林巍杰, 汤宇, 彭学军, 等. 有限元分析软件在连续梁线形监控中的应用 [J]. 工程建设, 2020(11): 52-56.
[6] 李强, 王明刚. 大跨度连续梁线形监控信息化系统设计及应用 [J]. 铁道勘察, 2021(03): 22-27.