

预应力混凝土连续梁桥拆除施工监控研究

白应华, 汤旭

(湖北工业大学 土木建筑与环境学院, 湖北 武汉 430068)

摘要:旧桥拆除是一个复杂的动态过程,为了保证结构在桥梁拆除过程中的安全,确保旧桥顺利安全拆除,该文以一座三跨预应力混凝土连续梁桥的拆除施工为例,通过有限元仿真建模软件Midas Civil建立全桥空间模型,并计算各施工阶段的结构受力及变形情况;同时对主梁各施工阶段的应力及线形变化进行实时监控,将主梁结构体系发生转换的两个关键施工阶段的实测数据与理论数据进行对比,分析结构的受力及线形变化规律。结果表明:主梁结构的应力及线形变化趋势在桥梁拆除过程中与理论计算基本一致,并且始终在安全可控范围内。

关键词:桥梁拆除;有限元;混凝土连续梁桥;施工监控

中图分类号:U445.1

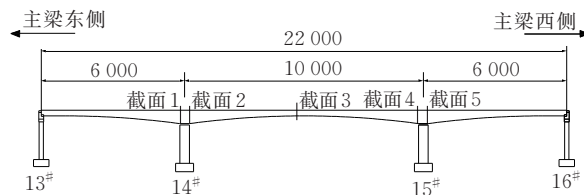
文献标志码:A

随着社会的高速发展,早期修建的一些航道桥梁,由于设计荷载等级较低、通行能力较小,以及长期工作引起的损伤致使部分航道桥梁已不能满足当前的交通需求,因此需要对其进行拆除改造^[1-3]。但目前国内外对于大跨桥梁的拆除施工还没有相应的规范,桥梁拆除监控方面也没有形成一套完善的监控施工体系^[4]。旧桥在施工拆除过程中,结构体系将随施工阶段不同而发生变化,其受力状态也在发生变化^[5-7]。因此,需要在施工过程中对内力及变形进行监测监控,及时掌握结构受力状态,确保结构的内力及变形在允许误差范围内,从而确保结构安全和施工过程安全^[8-11]。施工监控就是根据现场施工条件确定一套切实可行、能确保整个施工过程安全高效进行的监控体系,对不同的施工阶段进行科学、严谨的监测,并将监测数据与有限元分析结果相比较,对结构的实际状态进行判断和预测,指导下一阶段的施工,最终确保拆桥工作安全高效完成^[12]。

1 工程概况

某航道桥梁建于21世纪初,全桥由两侧引桥以及主桥组成。主桥上部结构为三跨变截面预应力混凝土连续箱梁,梁体采用C50混凝土,跨径布置为

(60+100+60)m,桥面宽15m,即0.5m(防撞护栏)+14.0m(行车道)+0.5m(防撞护栏)。主桥下部共设4个桥墩,14[#]、15[#]墩墩身为实体板式墩,外轮廓尺寸为800cm×300cm,基础为6根钻孔灌注桩;13[#]、16[#]为过渡墩,为实体板式墩,外轮廓尺寸为900cm×240cm,基础为6根钻孔灌注桩,主桥立面如图1所示。



注:图中截面1、2、4、5为0[#]块两侧截面;截面3为主梁东、西两侧中跨13[#]梁段截面;截面3沿0[#]块方向偏移4m,为中跨12[#]梁段。

图1 主桥立面图(单位:cm)

由于年久失修,该桥经专项检测后被认定为危桥,拟对主桥实施整体拆除。

2 监控内容

该桥主梁拆除分为3个施工阶段,第一阶段拆除中跨合龙段及中跨12[#]、中跨13[#]梁段;第二阶段拆除边跨合龙段;第三阶段为两端悬臂不对称拆除,从自

收稿日期:2020-11-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(编号:42071264)

作者简介:白应华,男,硕士,副教授.E-mail:yhbai750608@163.com

由端依次拆除直至0[#]梁段。为保证施工过程中主梁结构的安全,拟对主梁的线形及应力进行监控。

2.1 主梁线形监控测点布置

中跨合龙段拆除后,主梁结构由连续梁转变为两个悬臂梁。为了充分反映主梁在拆桥过程中的线形变化,拟在主梁的每个梁段都选择一个截面布置线形测点,并且截面上、下游两侧各布置一个测点,另外,在0[#]块中部以及引桥边缘截面布置高程观测后视点。主梁测点横向布置图如图2所示。

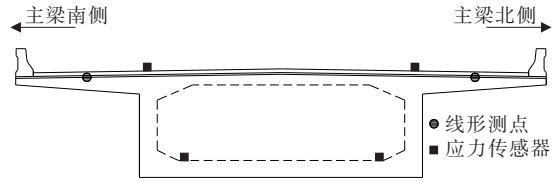


图2 主梁线形测点横向布置图

因拆桥顺序是由合龙段向0[#]块进行拆除,为了确保测点布置截面避开切割截面,故将各个梁段的测点布置截面向0[#]块偏移1 m。主梁线形测点具体布置如图3所示。

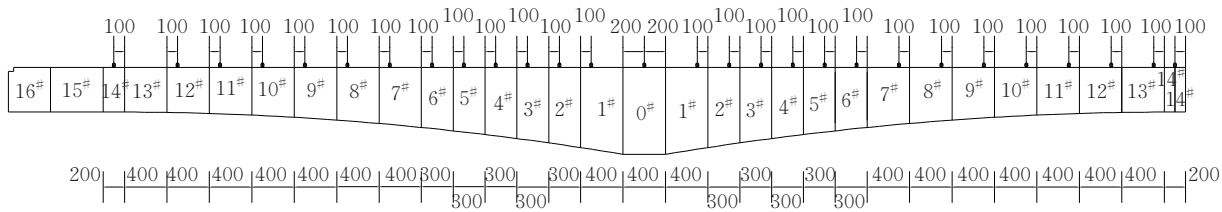


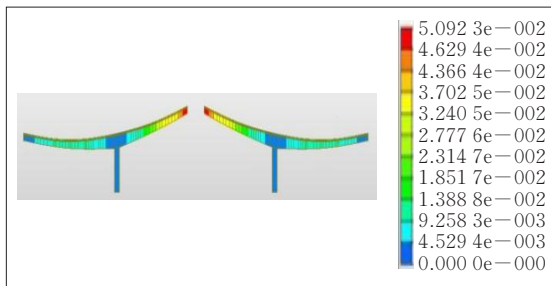
图3 主梁线形测点布置截面图(单位:cm)

2.2 主梁应力监控测点布置

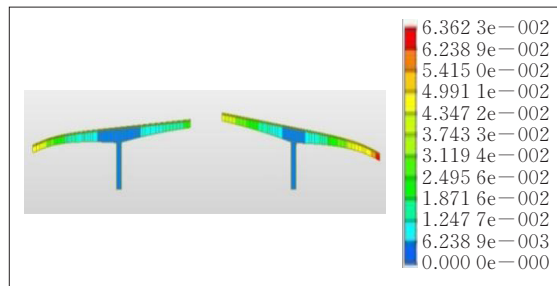
为了监测桥梁在拆除过程中的受力变化,及时掌握结构的真实受力状态,拟在主梁布置应力传感器,监控整个拆桥过程中主梁的内力变化。根据此次拆桥方案的特点,在中跨13[#]块中部截面(图1中的3截面)上缘表面和0[#]块两侧截面(图1中的1、2、4和5截面)上缘表面和箱室内底板上布置应力传感器,如图1所示,具体测点分布如图2所示。

2.3 有限元仿真分析

采用有限元软件Midas Civil建立全桥空间杆系计算模型,模型中材料特征为:预应力混凝土为C50,预应力钢束为Strand860钢材,结构离散为1 420个节点、1 132个单元。有限元模型划分为96个施工阶段,第1~43阶段模拟成桥过程,第44阶段模拟桥梁的10年变化,第45~96阶段模拟主桥的拆除过程。图4为两个不同施工阶段的主梁位移云图。



(a) 中跨13[#]梁段拆除后



(b) 边跨合龙段拆除后

图4 两个不同施工阶段的主梁位移云图(单位:m)

3 监控结果分析

3.1 主梁线形监控分析

主梁线形监控主要分为两个阶段。第一阶段为中跨合龙段拆除;第二阶段为边跨合龙段拆除。上述两个阶段为主梁位移变化最大的施工阶段,也是主梁结构体系发生变化的两个施工阶段。中跨合龙

段断开后,主梁结构由连续梁变为悬臂梁;边跨合龙段断开后,主梁结构再由悬臂梁变为两端皆是自由端。因此,需要对这两个施工阶段进行严格监控及全面分析,当上挠量小于10%理论值,下挠量大于90%理论值时,则需要提出预警。

3.1.1 中跨合龙段拆除阶段

中跨合龙段即中跨14[#]梁段,通过监测中跨合龙段断开前后控制截面测点的高程,根据理论预警

值判断合龙段断开后主梁的变形是否在允许范围内。但由于主梁残余应力大小不知,无法准确计算其理论值。故以中跨 13[#]梁段的拆除数据来分析,将此施工阶段的实测值与理论值进行比较,从而判断主梁在拆除过程中的实测线形变化是否与理论线形变化相符。正值表示上挠,负值表示下挠。图 5 为主梁中跨各线形测点在中跨合龙段拆除后的线形变化。图 6 为主梁中跨各线形测点在中跨 13[#]梁段拆除后的线形变化。

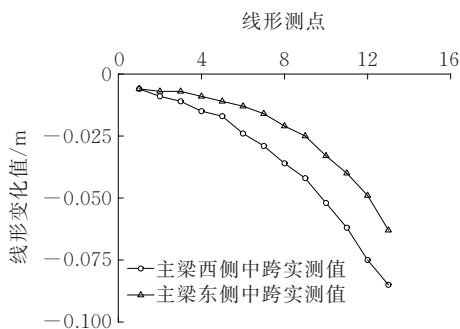


图 5 中跨合龙段拆除后的主梁中跨线形变化图

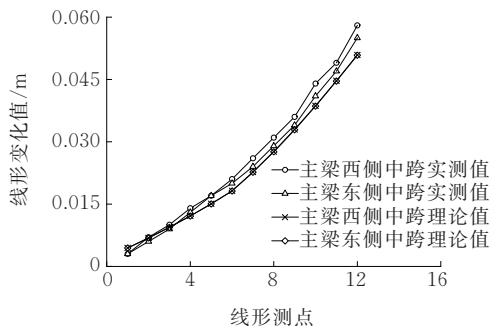


图 6 中跨 13[#]梁段拆除后的主梁中跨线形变化图

由图 5 可知:主梁中跨线形测点的实测线形均处于下挠状态,且越靠近跨中方向下挠量越大。主梁西侧中跨最大下挠量为 85 mm,主梁东侧中跨最大下挠量为 63 mm。根据分析,其下挠是由于跨中断开后,预应力完全释放。主梁西侧下挠量较大是由于西侧混凝土较为密实,残余应力较大。

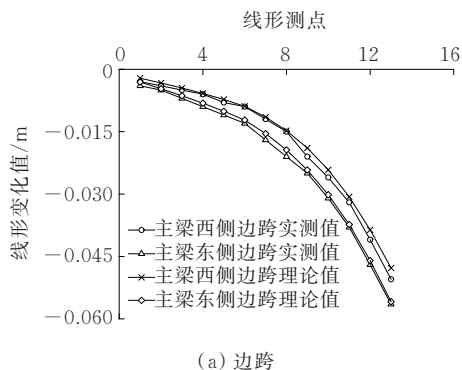
由图 6 可知:主梁两侧中跨线形测点的实测线形与理论线形均处于上挠状态且两侧线形变化值基本一致。其上挠是由于主梁中跨自重减小。

以上结果表明主梁结构的实测线形变化与理论线形变化相符,主梁中跨悬空处于上挠状态,且上挠量略大于理论值,表明主梁不会因中跨悬空而发生倾覆,结构处于安全状态。

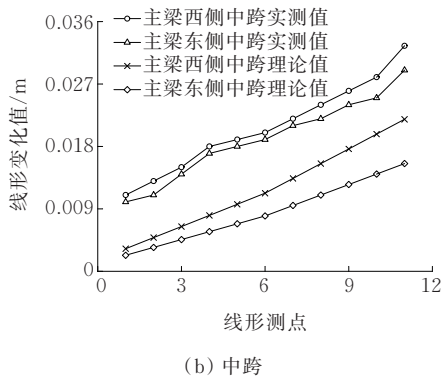
3.1.2 边跨合龙段拆除阶段

边跨合龙段即边跨 14[#]梁段,边跨合龙段拆除后,主梁主体结构两端则都处于悬空状态,且始终保持边跨与中跨自重合理范围内,依靠桥墩及边跨支架来支撑主梁,保证结构的稳定。为防止主梁倾覆,需确保边跨下挠量在理论值允许范围内,中跨上挠不能小于理论值的 10%。

图 7 为主梁边跨和中跨各线形测点在边跨合龙段拆除后的线形变化。



(a) 边跨



(b) 中跨

图 7 边跨合龙段拆除后的主梁边跨与中跨线形变化图

由图 7 可知:主梁边跨线形测点的线形均处于下挠状态,且两侧的下挠趋势以及下挠量基本一致。另外,主梁边跨线形测点的实测值均比理论值偏小;主梁中跨线形测点的线形均处于上挠状态,两侧上挠趋势以及上挠量基本一致,另外,主梁中跨线形测点的实测值均比理论值偏大。根据分析,边跨合龙段拆除后,主梁由悬臂梁转化为两端悬空,且由于边跨比中跨多两个梁段,自重较大,因此会导致边跨下挠,中跨上挠。边跨合龙段拆除后的主梁线形变化正常,结构处于安全状态,不会发生中跨下挠的倾覆现象。

3.2 主梁应力监控分析

3.2.1 中跨合龙段拆除阶段

中跨合龙段断开后,结构体系由连续梁转变为

悬臂梁,对应力控制截面进行监控以确保结构安全。 表1为应力传感器布置截面的测点应力值。

表1 中跨合龙段及中跨13#梁段拆除后控制截面应力

工况	控制截面应力/MPa							
	1-1	1-2	2-1	2-2	3-1	4-1	4-2	5-1
合龙段拆除后	0.28	-0.37	-1.22	0.76	1.99	-1.86	1.13	0.46
中跨13#梁段拆除后	0.22	-0.30	-0.96	0.52	—	-1.58	0.86	0.38

注:截面1-1表示截面1的顶板,截面1-2表示截面1的底板(其他截面依次类推)。应力值受拉为正,受压为负。下同。

由表1可知:由于中跨上挠,致使中跨顶板受压,底板受拉;边跨顶板受拉,底板受压。且中跨13#梁段拆除后由于悬臂端自重减小,各控制截面应力均有所减小。根据分析,在主梁结构体系转化过程中,主梁的实测应力变化与理论分析相符,其结构受力变化明确,并且处于安全可控状态。

3.2.2 边跨合龙段拆除阶段

在主梁西侧边跨合龙段拆除阶段,重点对截面4和截面5的应力变化进行实时监控,从而掌握主梁结构的受力状态,为桥梁拆除提供真实可靠的安全依据。表2为控制截面的应力变化值。

表2 边跨合龙段拆除后控制截面应力

截面编号	控制应力/MPa	截面编号	控制应力/MPa
4-1	-1.79	5-1	3.62
4-2	1.31	5-2	-4.49

由表2可知:截面4-1及5-2监测的中跨顶板及边跨底板应力为负值,处于受压状态;而截面4-2及5-1监测的中跨底板及边跨顶板应力为正值,处于受拉状态。且截面5的应力均比截面4偏大。其原因在于边跨合龙段拆除后,主梁两端都处于悬空状态,且边跨比中跨多两个梁段,自重较大,从而引起边跨下挠,中跨上挠,这与控制截面所受应力状态相符。另外,由于边跨较长,自重较大,因此边跨自重对控制截面产生的应力与中跨相比更大。根据边跨合龙段拆除后的实测应力数据来看,其结构受力状态明确,与理论分析相符,主梁结构处于安全可控状态。

4 结论

基于对某连续梁桥拆除施工控制的研究,得出以下结论:

(1) 实时监控桥梁拆除的每个施工阶段,及时分析监控数据,对于桥梁的顺利拆除具有重要作用。

(2) 在两次结构体系转换的关键施工阶段中,主梁各控制截面的实测应力及线形变化与理论计算基本相符,并且在整个拆除过程中主梁结构基本处于一个较为平稳的状态,未发生突然的较大变形,主梁结构的状态始终在安全可控范围内。

(3) 将有限元建模计算与现场实时监控相结合,可以指导施工,为结构拆除过程提供安全保障。

参考文献:

[1] 王凯,王社.跨航道连续梁桥顶推拆除施工监控技术[J].桥梁建设,2013,43(5):111-116.

[2] 张建国,童世均,杨梓,等.跨航道大跨径固端梁桥拆除施工监控分析[J].中外公路,2011,31(2):145-149.

[3] 王健伟,陈斌.某大跨混凝土连续梁桥拆除技术[J].施工技术,2012,41(S1):217-221.

[4] 刘成章.预应力混凝土连续箱梁桥拆除方法及其结构分析研究[D].重庆:重庆交通大学,2012.

[5] 姚健鹏,梁明盛,陈忠诚.预应力混凝土连续箱梁桥悬臂施工监控[J].公路,2012,57(2):105-108.

[6] 王艳军,徐鹏,毛建平,等.连续梁桥悬臂法施工监控研究[J].公路,2010,55(11):48-51.

[7] 陈伟庚.预应力混凝土连续箱梁顶推施工监测[J].铁道建筑,2018,58(7):53-57.

[8] 王解军,隆佩钦,黄斌.大跨矮墩连续刚构桥施工控制分析[J].公路工程,2016,41(2):148-150.

[9] 杨亚芳.预应力混凝土连续弯梁桥悬臂法施工的监控技术研究[J].铁道建筑,2016,56(2):31-35.

[10] 胡正荣,汪跃武.独塔四索面空间异形斜拉桥施工控制技术分析[J].中外公路,2015,35(1):155-160.

[11] 王书涛.大跨径连续梁桥施工监控技术研究[J].公路,2013,58(8):99-101.

[12] 刘东霞,单德山,浦贵安.高速特大桥预应力连续梁桥悬臂施工控制研究[J].公路工程,2018,43(3):136-140.