

文章编号:1671-6833(2010)01-0040-04

支座更换顶升方案对小箱梁桥结构性能的影响

李静斌, 陈 淮, 葛素娟

(郑州大学 土木工程学院, 河南 郑州 450001)

摘 要:以支座损坏后进行全部更换的河南甄坟沟大桥为研究对象,利用大型有限元软件 MIDAS/Civil,对具有较大纵坡的四跨先简支后连续小箱梁桥进行施工过程仿真分析.比选了整体顶升方案和局部顶升方案,比较了2种顶升方案下小箱梁桥的墩顶弯矩、墩顶剪力及跨中弯矩.计算结果表明:各墩台支座顶升最大行程8 mm是合理的,从桥梁上部结构受力合理的角度出发,整体顶升方案优于局部顶升方案,计算结果可供同类工程参考.

关键词:桥梁工程;小箱梁桥;有限元法;顶升方案;力学性能

中图分类号:U443.36 **文献标识码:**A

0 引言

目前先简支后连续预应力混凝土小箱梁桥在我国高速公路桥梁建设中正逐步得到应用和推广,这种桥型具有箱梁桥整体性好、刚度大、抗扭性能高、横向连接可靠、结构耐久性好等特点,同时又具有连续梁桥的特点,能够适当降低梁高,形成合理的受力体系,是一种先进的设计桥型^[1-2]. 支座是桥梁上、下部结构的传力和连接装置,其作用是将上部结构的荷载传递到桥梁墩台,并适应各种荷载、作用所产生的位移,使桥梁的实际受力情况符合力学计算模型.如果支座失效,将在连续梁体内产生应力重分布,造成连续梁体不能按正常结构受力状态工作,进而影响桥梁结构的安全^[3-4].根据支座破坏形式,造成支座失效的主要原因有:(1)支座原材料质量存在一定问题;(2)超载车辆对支座的破坏;(3)支座垫石的施工质量不符合要求;(4)梁顶板和底板在受弯、温度应力作用下,其纵向应力具有不均匀性,当桥梁上部结构梁体安装结束后,易形成梁体、支座、墩台三者之间不密贴、脱空等现象.桥梁支座病害会降低桥梁承载力和耐久性,造成梁体局部受力过大,致使梁体破坏,同时也对桥梁的正常营运带来安全隐患,影响桥梁使用^[5-6].

由多片小箱梁组成的先简支后连续桥梁是近期才出现的一种新型桥型,当该桥型发生支座病

害后,更换支座应当遵循的原则,支座更换的具体实施方案,不同的支座更换施工方案对桥梁结构性能的影响等方面均缺乏系统的研究和实践.因此,笔者结合河南甄坟沟大桥(先简支后连续预应力混凝土小箱梁桥)的两种不同支座更换方案来研究支座更换对该种桥型结构性能的影响,得出较合适的支座更换施工方案,为该类型桥梁的支座提供依据.

1 工程简介

河南甄坟沟大桥是一座先简支后连续小箱梁桥,上、下两幅分离,幅宽均为12.5 m,全桥单幅结构共4孔1联,总长度160 m(4×40 m),上部结构形式为先简支后连续预应力混凝土组合小箱梁,桥面横坡2%.上、下部结构的连接在原设计中采用TCYB型球冠圆板式橡胶支座,支座水平放置,每个支座下设置了45×45×10 cm的C30钢筋混凝土支承垫石,桥面纵坡3%,由0号台坡向4号台,桥梁立面图如图1所示.

2 支座更换顶升施工方案

河南甄坟沟大桥的支座破坏现象主要表现为球冠圆板式橡胶支座明显的剪切变形和全桥整体下滑.在支座更换前,经过大量现场调查研究和归类,支座出现的病害主要表现为支座脱空、支座异常变形、支座开裂、支座老化以及箱梁底面不平

收稿日期:2009-08-06;修订日期:2009-11-01

基金项目:河南省杰出人才计划项目(084200510003);郑州大学博士后流动站科研基金.

作者简介:李静斌(1973-),男,天津静海人,郑州大学副教授,博士,主要从事桥梁结构计算与分析.

整,橡胶支座上呈现深度局部压痕等方面.由于部分橡胶支座发生的严重病害已影响桥梁的正常使用,并危及桥梁结构的安全,决定对该桥的所有支座进行一次性更换.支座更换遵循“支座更换施工不得改变原结构受力状况”这一基本原则^[7-8],将全桥支座均更换为“LQZ系列球钢支座”,在支座更换具体实施前,分别考虑以下两种施工方案.

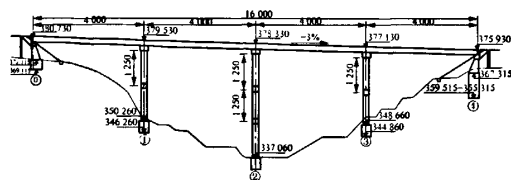


图1 立面图

Fig.1 Elevation drawing

2.1 支座更换整体顶升方案

支座更换整体顶升方案的施工设计分为顶升梁体和落架梁体两个阶段,即将上部结构整体顶升到位后,取出支座,换成临时固定支架,安装新支座后依次取走临时支座并落座.具体实施时,箱梁的顶升及落架梁体行程按2 mm一个单元行程操作,逐级顶升,相邻墩台间行程差不得大于4 mm(经过计算,当相邻墩台间行程差大于5 mm时,先简支后连续小箱梁的主梁在墩顶位置会出现开裂).待单幅全桥各墩台支座顶升均达到8 mm后,更换新支座;随后按照与顶升梁体相反的顺序依次落架梁体,支座顶升到位的高度8 mm是能取出旧支座更换新支座的最小高度,整体顶升方案具体施工分为顶梁阶段和落梁阶段.

顶梁阶段:

(1)4号台升8 mm,3号墩升4 mm,拆除4号台旧支座.

(2)4号台设临时支承,3号墩升4 mm,2号墩升4 mm,拆除3号墩旧支座.

(3)3号墩设临时支承,2号墩升4 mm,1号墩升4 mm,拆除2号墩旧支座.

(4)2号墩设临时支承,1号墩升4 mm,0号台升8 mm,拆除1号墩、0号台旧支座,安装所有墩台的新支座.

落梁阶段:

(5)0号台降8 mm,1号墩降4 mm.

(6)1号墩降4 mm,2号墩降4 mm.

(7)2号墩降4 mm,3号墩降4 mm.

(8)3号墩降4 mm,4号台降8 mm.

2.2 支座更换局部顶升方案

支座更换局部顶升方案是顶升一个支座到位后实施更换支座并落座,再顶升更换下一个支座的方案,不需要全桥顶升到位后再更换支座,故简称为局部顶升方案.箱梁的顶升及落架梁体行程也是按2 mm一个单元行程操作,逐级顶升,相邻墩台间行程差不得大于4 mm.局部顶升方案具体施工顺序为^[9]:

(1)4号台升8 mm,3号墩升4 mm,4号台更换支座,并半落座.

(2)3号墩升4 mm,2号墩升4 mm,3号墩更换支座,并半落座,4号台全落座.

(3)2号墩升4 mm,1号墩升4 mm,2号墩更换支座,并半落座,3号墩全落座.

(4)1号墩升4 mm,0号台升8 mm,1号墩及0号台更换支座,全部落座.

3 有限元仿真模拟

为了解两种不同的支座更换顶升方案对先简支后连续小箱梁桥结构性能的影响,采用有限元软件 MIDAS/Civil 建立了全桥整体空间有限元模型,按照各预设施工阶段,进行数值模拟和仿真分析.

桥梁上部结构采用梁格法建模,盖梁、桥墩、墩间系梁均采用考虑剪切变形的空间梁单元离散,并根据设计图纸输入全桥预应力钢束.所建立的有限元模型按该工程实际情况考虑纵坡及横坡.边界条件:忽略桥台变形,将0、4号台梁底节点设为仅约束竖向自由度;1、2、3号墩底设为固定端;各桥墩墩顶盖梁与主梁间支座采用弹性连接模拟.全桥共划分871个空间梁单元,593个节点.每种顶升方案考虑8个施工阶段,有限元施工阶段仿真分析中具体的施工阶段划分如表1所示.

4 计算结果及其分析

分别对两种不同支座更换顶升方案进行施工阶段仿真模拟计算,得出了两种方案对应的各根小箱梁的墩顶弯矩、墩顶剪力及跨中弯矩数值.限于篇幅,笔者仅列出受力变化幅度最大的2号梁在两种顶升方案下的墩(台)顶剪力值,分别如表2、表3所示.表中CS0代表顶升施工前各个墩(台)的受力情况,最大值是各个墩(台)顶在8个施工阶段中剪力的最大值.

表 1 施工阶段划分
Tab.1 Construction Stage division

方案	墩台号	施工阶段							
		CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8
整体顶升方案	4 号台	升 8 mm	—	—	—	—	—	—	降 8 mm
	3 号墩	升 4 mm	升 4 mm	—	—	—	—	降 4 mm	降 4 mm
	2 号墩	—	升 4 mm	升 4 mm	—	—	降 4 mm	降 4 mm	—
	1 号墩	—	—	升 4 mm	升 4 mm	降 4 mm	降 4 mm	—	—
	0 号台	—	—	—	升 8 mm	降 8 mm	—	—	—
局部顶升方案	4 号台	升 8 mm	落 4 mm	—	落 4 mm	—	—	—	—
	3 号墩	升 4 mm	—	升 4 mm	落 4 mm	—	落 4 mm	—	—
	2 号墩	—	—	升 4 mm	—	升 4 mm	落 4 mm	—	落 4 mm
	1 号墩	—	—	—	—	升 4 mm	—	升 4 mm	落 8 mm
	0 号台	—	—	—	—	—	—	升 8 mm	落 8 mm

表 2 整体顶升方案各墩(台)顶剪力
Tab.2 Shear forces of the pier top in the whole jack-up construction program kN

墩台号	CS0	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	最大值
0	-1 026.0	-1 025.5	-1 027.8	-1 026.5	-1 026.0	-1 026.5	-1 027.8	-1 025.5	-1 026.0	-1 027.8
1	-1 138.1	-1 140.6	-1 136.3	-1 135.5	-1 138.1	-1 135.5	-1 136.3	-1 140.7	-1 138.1	-1 140.7
2	-1 252.3	-1 249.7	-1 250.4	-1 254.8	-1 252.2	-1 254.8	-1 250.4	-1 249.7	-1 252.3	-1 254.8
3	-1 312.0	-1 312.4	-1 313.7	-1 311.4	-1 311.9	-1 311.4	-1 313.7	-1 312.4	-1 312.0	-1 313.7
4	770.1	769.6	768.3	770.6	770.1	770.6	768.3	769.6	770.1	770.6

表 3 局部顶升方案各墩(台)顶剪力
Tab.3 Shear forces of the pier top in the partial jack-up construction program kN

墩台号	CS0	CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	CS7	CS8	最大值
0	-1 026.0	-1 025.5	-1 025.4	-1 027.7	-1 028.3	-1 027.1	-1 024.8	-1 024.2	-1 026.0	-1 028.3
1	-1 138.1	-1 140.6	-1 141.3	-1 137.0	-1 133.8	-1 133.0	-1 137.3	-1 139.9	-1 138.1	-1 141.3
2	-1 252.3	-1 249.7	-1 247.3	-1 248.0	-1 253.0	-1 257.3	-1 256.6	-1 254.1	-1 252.3	-1 257.3
3	-1 312.0	-1 312.4	-1 314.4	-1 315.6	-1 313.2	-1 310.9	-1 309.7	-1 310.2	-1 312.0	-1 315.6
4	770.1	769.6	767.7	766.4	768.8	771.1	772.4	771.8	770.1	772.4

为了更直观看出 2 种方案对应的小箱梁的墩顶剪力、跨中弯矩及墩顶弯矩的变化趋势,将计算结果用图 2~图 4 表示.图中所示“最大值/CS0(%)”的含义为受力变化幅度最大的 2 号梁在 2 种顶升方案下的各种内力在各施工阶段中的最大值与顶升前初始值之比的百分数.

计算结果表明,在小箱梁顶升过程中,两种支座更换顶升方案对小箱梁在墩顶、跨中处的弯矩都有较大的影响,而对小箱梁在墩顶处的剪力影响较小.整体顶升方案中变化最大的小箱梁墩顶弯矩发生在 CS2 中的 3 号墩顶,比顶升前提高了 2.93%;变化最大的墩顶剪力发生在 CS7 中的 1 号墩顶,比顶升前提高了 0.22%;变化最大的跨中弯矩发生在 CS6 中的 0 号台~1 号墩箱梁跨中,比顶升前提高了 6.98%.局部顶升方案中变

化最大的墩顶弯矩发生在 CS3 中的 3 号墩顶,比顶升前提高了 6.10%;变化最大的墩顶剪力发生在 CS5 中的 2 号墩顶,比顶升前提高了 0.40%;变化最大跨中弯矩发生在 CS6 中的 1 号墩~2 号墩箱梁跨中,比顶升前提高了 11.55%.

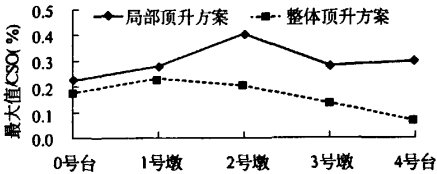


图 2 墩顶剪力
Fig.2 Shear forces of the pier top

从表 2、表 3 和图 2~图 4 中可以看出,支座更换局部顶升方案对结构受力不利,因此从桥梁上部结构受力角度考虑支座更换整体顶升方案优

于局部顶升方案.虽然小箱梁在墩顶弯矩、跨中弯矩增加较多,但只要在顶升过程中作用于桥梁上的荷载没有达到最大值,该桥不会出现裂缝,还是安全的,因此,设置各墩台支座顶升最大值 8 mm 是合理的.

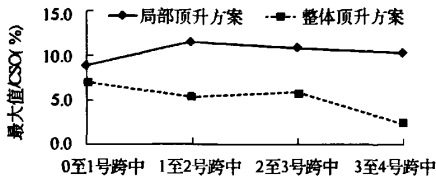


图3 跨中弯矩

Fig. 3 Bending moments of the midspan

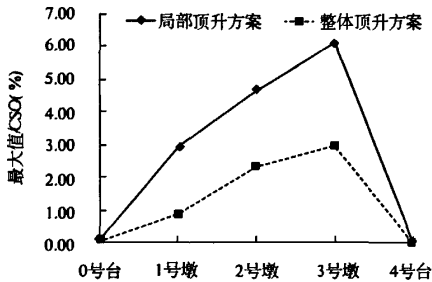


图4 墩顶弯矩

Fig. 4 Bending moments of the pier top

5 结论

(1)设置各墩台支座顶升最大行程为 8 mm 作为支座更换限制高度是合理的.

(2)支座更换整体顶升方案中,小箱梁的墩顶弯矩、墩顶剪力及跨中弯矩的变化均较局部方案变化小,因此从桥梁上部结构的受力角度考虑,整体顶升方案优于局部顶升方案.

笔者计算结果已为该制定桥梁支座更换方案提供了参考,在具体的实施过程中要综合考虑桥梁结构受力、支座更换施工、经济以及交通等各方面的因素,综合确定具体的支座更换顶升方案.

参考文献:

- [1] 上官萍,房贞政,付东阳.先简支后连续桥梁结构体系的应用研究[J].福州大学学报:自然科学版,2000,28(5):77-81.
- [2] 陈强.先简支后连续结构体系研究[D].杭州:浙江大学博士学位论文,2002.
- [3] 徐建国,陈淮,王博,等.连续箱梁桥力学性能分析[J].郑州大学学报:工学版,2004,25(1):30-32.
- [4] 范立础.预应力混凝土连续梁桥[M].北京:人民交通出版社,1987.
- [5] 胡竟强.公路桥梁支座更换施工技术[J].公路与汽运,2007,23(4):202-203.
- [6] 杨其清.桥梁橡胶支座整体更换施工技术研究[J].公路交通技术,2007,24(3):126-127.
- [7] 徐汉普.先简支后连续箱梁桥支座更换施工与控制技术[J].中国水运,2007,7(7):128-130.
- [8] 李静斌,葛素娟,陈淮.河南甄坟沟大桥支座更换布置方案研究[J].施工技术,2009,38(7):61-64.

Jack-up Scheme of Bearing Replacement Influence on the Structural Performance of Small Box Girder Bridge

LI Jing-bin, CHEN Huai, GE Su-juan

(School of Civil Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: The Zhenfengou Bridge is a supported-continuous prestressed concrete small box-girder bridge, which is bearing replacements after damaging, is taken as the object to study in this thesis. The finite element software MIDAS/Civil is applied to set up the bridge's FEM model and the bridge is calculated during the whole construction stages. Two kinds of jack-up construction programs are considered, one is the whole jack-up construction program and the other is the partial jack-up construction program. The shear forces of the pier top, the bending moments of the midspan and the bending moments of the pier top both in the two programs are compared. The calculation results show, the 8mm maximum jack-up route is rational. From the opinion of the bridge's superstructure load bearing reasonability, the whole jack-up construction program is better than the partial jack-up construction program. The calculation results can be a reference for the similar project.

Key words: bridge engineering; small box girder; finite element method; jack-up construction program; mechanical properties