

上海市中环高架病害支座顶升更换施工技术

蒋岩峰

(上海先为土木工程有限公司,上海市 200000)

摘要: 经过现场实地勘查发现,上海中环高架桥梁支座出现了各式各样的病害问题。如果放任桥梁支座病害进一步发展,可能会影响到车辆安全通行。为了解决桥梁结构的安全隐患问题,提出利用500 t三连杆超薄千斤顶单墩顶升技术快速更换病害支座。此法更能适应中环高架上垫石至墩顶净空低、墩顶千斤顶布置面狭小、顶升力需求大等特点,且可以有效节约成本,对原桥结构损伤,乃至交通组织影响降到最低。

关键词: 城市高架;病害支座;顶升;500 t三连杆超薄千斤顶

中图分类号: U445

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)03-0134-05

0 引言

我国许多大中小型城市自20世纪80年代开始逐步着手规划城市高架桥梁道路,一方面一定程度上是为了缓解交通出行压力;另一方面由于高架桥梁道路不与其他公路、铁路发生平面交叉,有利于提高城市交通效率,减少城市道路的占地面积^[1]。截至目前,我国已建成大规模城市高架约1 000座,三线、四线城市也开始在城市闹市区建设小规模的高架桥来缓解交通压力^[2]。

然而,高架桥梁结构寿命与设计年限、维护力度、现场条件、施工状况密不可分。根据2016年度上海中环高架桥梁检测报告^[3],发现中环线浦西段主线和匝道总计28联中存在各式各样的支座病害。当支座产生病害后,不能将反力顺利传递给下部结构,使结构的实际受力状态与结构设计采用的结构静力计算图式不符。即使在恒载作用下,也会使上部结构产生附加内力。再加上活载作用、温度作用等影响,可能会使结构处于不利的受力状态,甚至使结构产生结构性裂缝,可能会对桥梁的正常运营带来严重的安全隐患^[4]。

1 工程概况

1.1 桥梁概况

中环线以客运交通为主,是一条介于内、外环线之间,具有分担内、外环线交通流量功能的城市环形快速路。全线长约70 km,其中浦西段(军工路隧道

至上中路隧道)长38.2 km。军工路立交—虹梅路立交于2005年前后陆续分段通车,虹梅路立交—上中路隧道于2009年前后通车。

上海中环线高架主线桥梁主要采用箱型混凝土结构连续梁形式,在匝道处有部分使用到钢箱梁和混凝土连续箱梁。

上海中环线作为上海市中心城区的快速交通的主干道,交通通行繁忙、车流量大。在运营过程中,养护单位发现部分支座出现病害现象,影响桥梁墩台和梁体受力状态。

1.2 支座病害状况

根据现场调查,高架道路桥梁支座形式主要为XQZ球型钢支座和板式橡胶支座。其中,XQZ球型钢支座用于主线鱼腹式箱梁结构,板式橡胶支座用于匝道。

在用的XQZ球型支座主要病害类型如下:(1)支座滑板脱出;(2)支座球冠衬板转动超限;(3)支座构件产生较大变形;(4)支座与梁墩不密贴;(5)支座构件出现裂纹。

在用的板式橡胶支座出现的主要病害类型如下:(1)剪切变形;(2)老化开裂;(3)橡胶分层。

1.3 限位形式

因为中环高架设计时分几个标段,南线整体式道路路段限位形式为钢结构限位,北线分离式道路路段限位形式为混凝土挡块限位,混凝土限位挡块截面采取30 cm×30 cm。

1.4 顶升难点分析

本工程属既有中环线病害处置工程。施工期间不断中断公路的交通是基本要求。因此,本工程具有工期

收稿日期:2021-06-23

作者简介:蒋岩峰(1978—),男,本科,高级工程师,研究方向为桥梁整体同步顶升及建筑物整体平移。

紧、文明施工标准要求高、施工期间需确保既有交通畅通等要求。下面为本工程顶升实施的主要难点:

(1) 现有中环线墩柱高度较高(6~38 m),且各墩柱周边路况不尽相同,施工平台选择和搭设需灵活、式样多变。

(2) 墩顶尺寸较小,支座又较大,且上垫石到立柱墩顶的距离最小净空仅有9 cm。常规双作用超薄顶多为150 t,高度在15~20 cm。既不能满足墩顶狭小净空布置,又不能保证顶升足够的安全系数。

(3) 原箱梁结构设计时抗不均匀沉降能力较弱,且立柱顶端为横桥向花瓶式悬挑,单墩顶升千斤顶布置需满足受力要求。

(4) 中环线车辆密集、人流较大,需确保对桥梁上下交通影响降到最小。

2 顶升方案设计

城市高架桥梁因为人员密集性较强,一旦顶升方案不能顺利实施造成交通中断,则会引起连锁性恶化反应,所以施工方案必须满足快速化、简易化、可操作性强等特点。顶升时计划以单墩顶升、逐墩更换一联中的所有支座,这样更能保证工程的可实施性。

2.1 单墩顶升方案分析

单墩顶升即只在单墩柱配置千斤顶,上部桥梁结构只有单点做出位移姿态。由于本工程主要为病害支座更换,顶升高度约为15 mm左右,就能够取出病害支座。这给桥梁能够单墩顶升创造了可行性条件。单墩顶升对箱梁能够承受不均匀沉降要求较高,由于顶升跨既要承受原来支座顶升力,还要考虑承受相邻跨对顶升墩的反力附加,对研究计算结果要求也较高。图1为整体式道路选取了ZN0012-ZN0015联计算模型为例,整联桥梁结构3跨(35 m+38 m+35 m),桥梁横宽30.5 m。主梁采用6自由度梁单元,各墩处为二支座约束。



图1 整体式道路单墩顶升计算模型

经计算,连续墩单个支座支反力约为356 t,连续墩约为1 268.7 t。图2至图5为顶升前后应力图。

计算结果表明,竣工15 a后,主梁截面上下缘正应力均为压应力,其平均值约为4 MPa。支点不均匀竖向变位(顶升)20 mm的主梁截面上下缘最大正应

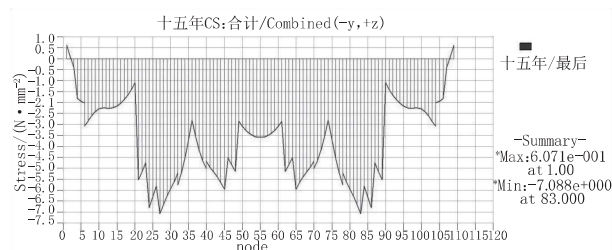


图2 主梁截面顶升前上缘正应力(单位:MPa)

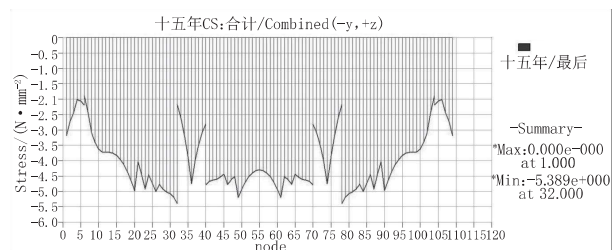


图3 运营主梁截面顶升前下缘正应力(单位:MPa)

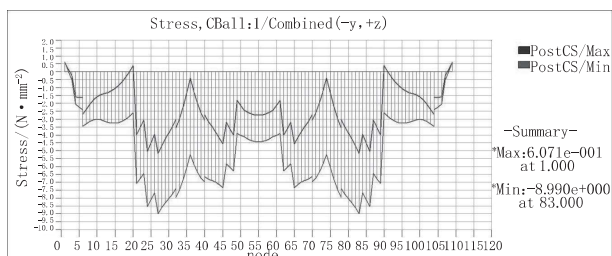


图4 顶升20 mm后主梁上缘截面正应力包络图

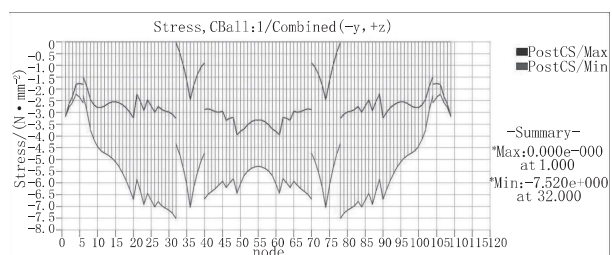


图5 顶升20 mm后主梁下缘截面正应力包络图

力约 ± 2.5 MPa,均小于主梁的恒载应力。两者组合后,主梁上下缘除局部有0.3 MPa拉应力外,其余均为压应力,满足规范要求。

2.2 500 t 三连杆超薄千斤顶

顾名思义,超薄千斤顶是一种千斤顶缸体高度相对较低液压千斤顶。由于其体积小、布置相对灵活,一般可设在上部梁体和盖梁、上部梁体和墩柱之间,在PLC液压同步控制系统控制下多点同步位移、速度顶升到指定位置。本次待顶升的最大支反力近1 500 t,而常用的超薄千斤顶的吨位大多在5~150 t,在考虑一定安全系数情况(大于1.5)的基础上需要至少15台超薄千斤顶。根据现场调查,墩柱顶面可供布置面积不满足。所以在此基础上,研发了500 t三连杆超薄液压千斤顶,如图6所示。这种超薄千斤顶在构造上采用缸壁共用原则,极大地增大了吨位和底面积之比,如表1所示。



图6 500 t三连杆超薄液压千斤顶

表1 常见的超薄顶规格与本次研制千斤顶参数对比

序号	设备名称	设备型号	规格型号/cm			
			缸径	行程	外形尺寸 (高×宽)	配够500 t 所需长度
1	170 t 双作用	QYS-100	18	3	14×25	75
2	100 t 双作用	ED-400	12	3	12×16	80
3	500 t 三连杆 双作用	—	15	1.5	11×20	60

当超薄液压千斤顶完成顶升时，为了防止油缸回落，常在千斤顶侧壁四周安装钢箱保压垫块作为临时支撑。而本工程由于墩顶面积较小,不满足布置保压钢箱垫块的条件，故利用缸体与上接触钢箱垫块的空隙中加塞组合异性钢板临时支撑保压,如图7所示。



图7 组合异性垫块

2.3 墩柱抗劈裂和上垫石接宽验算

2.3.1 墩柱抗劈裂验算

仍然以 ZN0012-ZN0015 联墩柱(见图8)为计算模型。连续墩每个立柱顶为单个支座,根据2.1节计算单支座计算反力,横桥向两侧布置4台500 t千斤顶(见图9);交界墩每个立柱顶为2个支座,仅在顶升联侧支座顺桥向两侧布置2台500 t千斤顶。由于结构自重反力计算与实际自重存在偏差,以及千斤顶反力的不均匀性,故取1.2分项系数。

单点顶升时，千斤顶顶升反力是该支点上部结构恒载反力+顶升强迫位移附加反力,如表2所示。

经过计算,立柱混凝土在千斤顶反力作用下,除墩顶局部范围有3 MPa拉应力外，其余部位拉应力均小于1.8 MPa,满足规范要求。

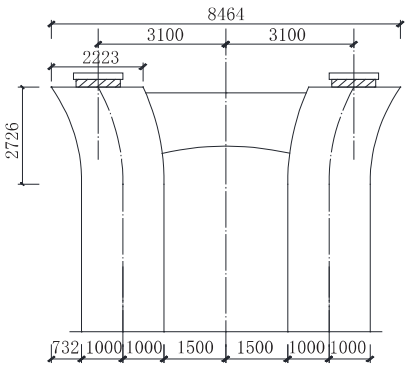


图8 墩柱抗劈裂计算模型

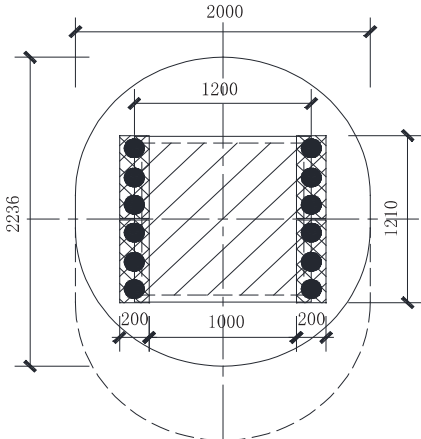


图9 千斤顶布置在支座顺桥向两侧(单位:mm)

表2 墩顶计算反力计算表

项目	上部反力(单个支座)/kN	每台千斤顶顶升力计算值/kN
连续墩	$12\ 687+2\ 124/2=13\ 749$	$13\ 749\times 1.2/4=4\ 125$
交界墩	$3\ 560+391/2=3\ 756$	$3\ 756\times 1.2/2=2\ 254$

2.3.2 上垫石加宽垫块验算

千斤顶在安装时需上下顶升接触面平整精度高,避免产生水平分力而导致桥梁结构发生偏移。本工程支座受力方式为：上部梁体—上垫石—支座—墩柱。由于受墩顶平面狭小限制,为了防止墩柱发生劈裂,顶升时超薄千斤顶要尽量贴近原病害支座。又从现场来看，上垫石突出原支座富余量在3~10 cm左右,超薄千斤顶宽20 cm。所以要对上垫石进行适当的灌浆接宽。

(1)上垫石直接加宽

当考虑上垫石在原垫石的基础上，直接在顶升一侧边加宽,如图12所示,千斤顶承力柱和上垫石底部垫一块20 mm的钢板。计算表明,原垫块压应力均超过C50混凝土标准强度(见图10、图11),如果直接顶升原上垫石部分,不满足设计要求。

(2)凿除部分原上垫石钢箱垫块加宽

经过计算，得出上垫石直接接宽不满足顶升要求，所以优先选择用水钻凿除原上垫石部分突出位

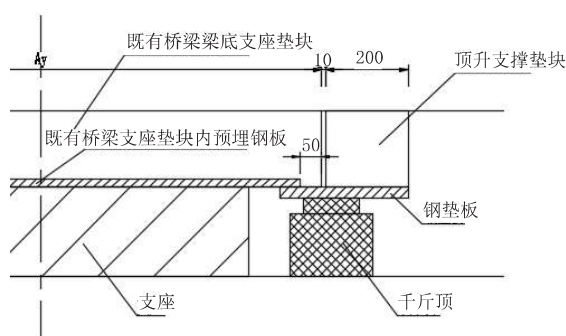


图 10 上垫石直接接宽千斤顶布置

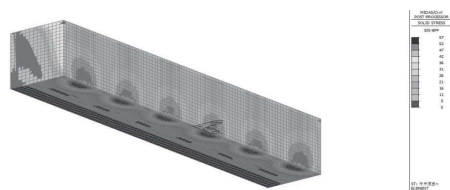


图 11 原垫块 von-Mises 应力图(单位:MPa)

置,采用钢箱垫块接宽,钢板钢底板厚 10 mm,四周侧板厚 8 mm,钢材 Q345B。箱内灌注 M50 水泥灌浆料。千斤顶上加一块 25 mm 厚垫板。箱内灌浆料应力云图如图 12 所示,垫块与千斤顶接触部位的水泥灌浆料应力达 36 MPa,接近水泥灌浆料的标准强度。考虑钢箱约束混凝土效应,可以认为满足要求。

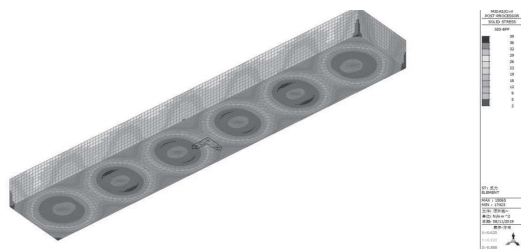


图 12 垫块内水泥灌浆料 von-Mises 应力图(单位:MPa)

3 支座快速化更换施工设计

3.1 液压升降车施工平台

中环线路况较为复杂,现场环境更为顶升施工平台的搭设带来了较大的难题。为了解决这一现状,我司自制液压升降车能灵活布置在各式墩柱侧壁。液压车平面尺寸约为 2.0 m×2.0 m(不含支腿),液压升降车升降可做到 15 m,可完成超过中环近 50%墩柱病害支座更换任务。液压车可根据现场墩柱施工要求布置。多数病害支座的牵拉和安装都是从纵桥向而出,而且届时病害支座更换时,当顺桥向存在绿化带的需提前搬运,开挖并砂石回填夯实,使得硬化高度与道路路面齐平。因为墩柱为上宽下窄花瓶式墩,液压升降车一侧轮胎压在行车路面,另一侧轮胎压在绿化带内新回填夯实的基础内。图 13 为分离式道路墩柱液压升降车施工示意图。

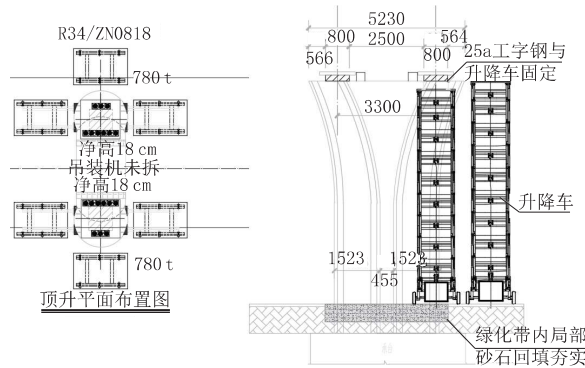


图 13 分离式道路墩柱液压升降车施工示意图(单位:mm)

3.2 病害支座倒链牵拉法

现场最大支座为盆式钢支座,长 1.1 m,宽 1 m,高 0.22 m,重约 2 t。普通钢板与混凝土接触面的摩擦系数一般最大取值,约为 0.6,最大力牵拉约为 1.2 t。可在墩柱侧壁植筋 M16 化学螺栓安装钢结构牛腿。钢结构牛腿用 25a 工字钢焊接(见图 14)。另外一侧采用柱式钢结构与液压车上平面相连接。牵拉时可提前在病害支座上顶板或下底板焊接耳板拉孔。待顶升 1.5 cm 后,采用手拉葫芦一侧拉钩紧钩焊接耳板孔,另一侧紧钩钢牛腿后背反力板即可拉出。当拉出病害支座时,松开 M16 化学螺栓,降低液压升降车,利用已经在路边一侧停好的吊车吊走。

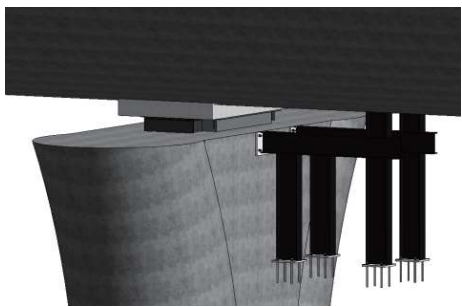


图 14 本工程钢牛腿后背示意图

3.3 新支座顶推法安装

待病害支座倒链拉出,从钢牛腿顶板上吊走后,吊车吊装把新支座放置在钢结构牛腿上近靠墩柱端头一侧。紧接着上升液压车到指定位置,栓紧 M16 化学螺栓,开始新支座顶推安装工作。安装顶推千斤顶,顶住钢牛腿后背反力板,在千斤顶顶推过程中采用后背钢顶铁或钢箱垫块随着顶推长度的增加而增加,直至将新支座顶推到指定位置。

3.4 原上垫石预埋钢板弯曲处理

(1)首先根据现场监测上垫石有无出现明显弯曲、缺损情况。如有,则尽量将顶升计划安排在周六夜间,提前封道给顶升后修正预埋钢板平整精度提供充足的施工时间。

(2)如果顶升后发现内部钢板弯曲,根据施工紧急状况,正常顶升更换支座落梁后灌注环氧。由于新支座存在一定的抗转角能力,在钢板一定的弯曲变形时支座能正常承力。

(3)原支座在构造上原吨位的基础上缩小上下座板构造的大小,使新支座不受原病害支座切割焊缝及钢板压弯曲的影响。

3.5 限位挡块恢复

现场发现限位距离上垫石横桥向内侧边缘较近,而顶升方案为超薄千斤顶贴紧原病害支座顶升上垫石抬升上部箱梁梁体,所以多数上垫石需要处理。现提供几种方案作为限位恢复法。

(1)钢结构限位恢复。按照图纸原尺寸重新将钢结构限位与墩顶预埋钢板双面焊接。

(2)混凝土限位挡块恢复。a.根距现场上垫石距墩柱顶面净空情况,若净空较大,可考虑破除时将原纵向钢筋压弯,在钢筋上用灌浆料灌实找平。顶升完毕后,可再次破除抄平层,掰直纵向钢筋,绑扎箍筋后灌浆浇筑。b.由于桥梁顶部距离墩顶最大净空约为40 cm,只能斜向植筋,加大原限位挡块的尺寸。

4 结 语

本文以上海城市高架病害支座更换工程为例,介绍了改进后的500 t大吨位三连承力杆双作用液压超薄千斤顶具有高度低、顶升重量大,且自带异性组合钢板垫块代替临时钢箱垫块,防止承力杆落缸对于狭小布置平面和顶升净空不足顶升情况,适应性更强。通过Midas对桥梁结构强制性位移分析、墩顶防劈裂性验算、上垫石接宽受力点计算得出本工程单墩顶升的可行性。另外,介绍了利用液压升降车和钢结构牛腿后背快速化将支座取旧安新,原上垫石预埋钢板的弯曲处理和限位挡块的恢复。在1个夜间(0:00-5:00)即可对单墩2个病害支座完成更换,具有良好的工程应用前景。

参考文献:

- [1] 郭慧.城市高架桥梁道路的施工技术[J].科技与创新,2014(6):106-108.
- [2] 陈立文.城市高架桥主要病害机理分析与复位加固研究[D].西安:长安大学,2017.
- [3] 上海成基市政建设发展有限公司.2016年度中环线真华路至军工路隧道段高架段常规定期检查报告(报告分册一)[R].2016.
- [4] 李后川.支座病害对桥梁结构的影响研究[D].南京:东南大学,2013.

(上接第126页)

合城市高架桥“工厂化、预制化、装配化”的发展趋势,但应综合考虑施工难度、后期维护及工程造价等因素。

(2)由于钢箱梁、钢混叠合梁造价较高,且后期维护工作量大,不建议高架桥全线采用。而小箱梁和箱梁节段预制拼装,是目前城市高架桥运用较多的结构形式,可结合现场实际情况,综合比选确定。

(3)桥墩及盖梁预制拼装施工速度快,施工工艺高,近年运用逐渐普及,但需要较大的预制场地,设计及施工应根据项目所处区域的用地情况及运输、吊装条件,采用合理的施工方式。

参考文献:

- [1] T/CECS 728—2020,装配式城市桥梁工程技术规程[S].
- [2] 陈建华.城市高架桥桥型方案研究[J].公路,2013(7):136-142.
- [3] 王继全.全预制装配式桥梁方案研究[J].城市道桥与防洪,2018(4):75-77,98.
- [4] 周良,闫兴非,李雪峰.桥梁全预制拼装技术的探讨与实践[J].预应力技术,2014(6):14-15,38.
- [5] 谢关云,刘德宝,徐雪羽.城市高架桥施工期间交通组织设计[J].城市道桥与防洪,2014(3):46-47.
- [6] JG/T 398—2019,钢筋连接用灌浆套筒[S].
- [7] 黄国斌,查义强.上海公路桥墩预制拼装建造技术[J].上海公路,2014(4):1-5.