

城市高架现浇连续箱梁调坡顶升施工技术研究

王涛

上海市机械施工集团有限公司

摘要：随着城市化发展，交通变得越来越拥挤。近年来在城市高架工程建设中，桥梁顶升技术在市政基础工程领域运用越来越常见。通过桥梁顶升工艺可用于提升航道等级、改造新老桥梁的衔接、以及匝道工程的改造，同时可以加快施工速度、对周边居民出行影响小、无污染等特点。本文的研究目的是为后续类似的市域范围道路改扩建工程施工提供参考。

关键词：城市高架；混凝土箱梁；顶升技术；桥墩

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.19.052

一、工程总概况

杨高中路（罗山路立交~中环立交）改建工程西起罗山路立交，东至中环立交，桩号范围RK0+378.301-RK3+837.137，全长3.5km。道路规划红线宽50m，两侧绿带各宽20m。采用“主线连续跨线桥+地面道路”的形式，道路等级为城市主干路，主线规模为机动车双向6车道，设计速度60km/h；地面道路规模为机动车双向4-6车道，设计速度50km/h（局部困难路段设计速度采用40km/h）。

2标段工程范围：杨高中路（云山路西侧K2+137-中环立交），长度约为1.7km。2标段主线上跨云山路（蓝天路）、枣庄路（红枫路）接入中环立交主线，在枣庄路西侧设置一对上下匝道，东侧与中环立交相接，对现状杨高中路跨线桥及中环立交的部分匝道进行拆除改造。项目建设内容包括中环立交WN、NW匝道部分拆除，桥梁工程，排水工程，道路工程；以及照明，合杆整治，交通标志标线等道路附属设施。

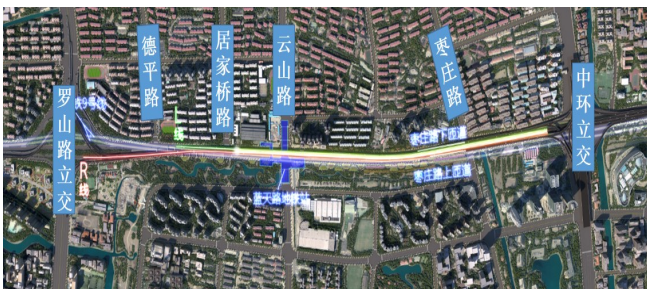


图1 杨高中路（罗山路立交~中环立交）改建工程总平面图

二、桥梁顶升施工工艺研究

根据原桥图纸显示，原桥属于独柱墩，上部为现浇混凝土连续箱梁，柱下为承台与桩基础，采用桥梁顶升技术可以确保杨高中路两侧地面道路保持通行且减少混凝土及桥梁拆除。本次顶升利用原承台及桩基础作为顶升反力基础，经过计算及设计单位复核，其基础承台满足受力要求。施工前挖出承台表面，清理表面覆土然后安装钢支撑，钢支撑作为千斤顶下部与承台上部的传力构件，安装时通过在承台顶面钻孔植筋安装。



图2 原桥现浇连续箱梁、独柱墩

钢支撑通过植入螺杆的方法与顶升基础连接固定，螺栓规格 $\Phi 18$ ，布置16颗植入承台的螺栓，植入深度10d。安装螺帽并使螺帽处于同一水平面，然后安装首节钢支撑，锚栓穿过支撑底部法兰孔，钢支撑在坐落于螺杆上预先拧入找平螺帽上，调整钢支撑垂直度后管底面与混凝土承台支撑面之间预留8cm空间，用灌浆料灌注密实，灌浆前需对承台顶部进行凿毛清洗。钢管支撑安装垂直度控制在3%以内且不大于10mm。

当 $\Phi 609$ 钢支撑与千斤顶之间空间小于1m时，安装 $\Phi 609$ 工具式垫块，随着顶升高度的增加，再更换为 $\Phi 609$ 钢支撑。为了维持顶升过程中的支撑稳定须对支撑进行槽钢加固，所选用的槽钢为14a型，将槽钢与支撑进行焊接行成整体式格构增加支撑的稳定性，同时将槽钢与下部立柱进行拉结。以上钢支撑亦可作为后续分配梁安装时的临时支撑，待分配梁焊接与灌浆完成后将多余部分拆除留出空间安装千斤顶。



图3 钢管支撑安装完成后

(一) 千斤顶安装

安装千斤顶必须在完成分配梁以后进行，千斤顶倒装于分配梁底部，利用分配梁底部焊接的吊顶钢板将千斤顶与吊顶钢板通过螺栓连接，吊顶钢板的预留栓孔是根据千斤顶的栓孔位置采用机械攻丝而成。千斤顶安装时必须检查其垂直度，当垂直度大于3‰时需要利用楔形钢板对其进行调整，调整的方法为在千斤顶与吊顶钢板之间塞入楔形钢板调整千斤顶。

(二) 顶升同步性

同步性控制主要依靠分配梁及PLC液压同步控制系统来实现，分配梁具有较大的刚度能够将千斤顶提供的顶升力分布于梁底，PLC操作系统可以实现桥梁的同时起落，从而达到需要的顶升效果。千斤顶的力通过分配梁均匀作用于梁底，辅助同步顶升。分配梁与梁体连接主要依靠在梁体侧面及底面植筋然后将钢分配梁与植筋焊接来实现。



图4 钢管支撑安装完成后

(三) 线性顶升控制

1. 线性顶升控制原理

本次顶升设计给出了各墩需要顶升的高度，本次顶升为旋转式等比例顶升，依据桥梁坡度关系及现场实测数据显示，1#墩横轴线位置顶升高度为1.580，5#墩横轴线位置顶升高度为-0.22m。梁体显示的总长度为120m。那么其旋转变坡度= $(1.58+0.22)/120=1.5\%$ 。旋转点经计算位于5#墩横轴线前其旋转轴点位于4#-5#墩之间，距离5#墩设计横轴线= $0.22/1.5\%=14.667\text{m}$ 的位置。

5#墩设计横轴线顶升-0.22m，但是传感器不是刚好位于轴线位置，而是位于距离轴线0.19m的正前方，设计顶升高度设置时处于理想的横轴线位置，但实际上传感器布置点与横轴线有一定的偏差，那么设置顶升时其总顶升高度时应根据其传感器位置计算= $-0.22+0.19*1.5\%=0.217$ ，同理得到5#墩为1.57。其他各墩经计算都可以得到该墩横轴线位置的顶升高度。

设计给的高度有可能是根据实测标高与坡度计算所得，经过与设计沟通得知猜想正确，所以将调整后的顶升高度发给设计并向其说明原因得到设计确认后按照新高度顶升。

2. 顶升控制与比例设定

开始顶升前按照传感器的位置将传感器布置与梁腹板位置，传感器布置位置，每墩布置2个传感器，每个传感器控制1台与其相临近的千斤顶。

桥面布置顶升高程观测点与桥下的控制线位置点处于同一横轴线，这样便于桥梁顶升时数据的直接观测，避免转换高度。顶升是操作人员根据计算的顶升高度设置顶升模式为比例顶升，每次顶升完成需要校核桥面高程观测点高程变化值及桥下高度变化值。

顶升时将每次顶升的高度值输入电脑控制系统，系

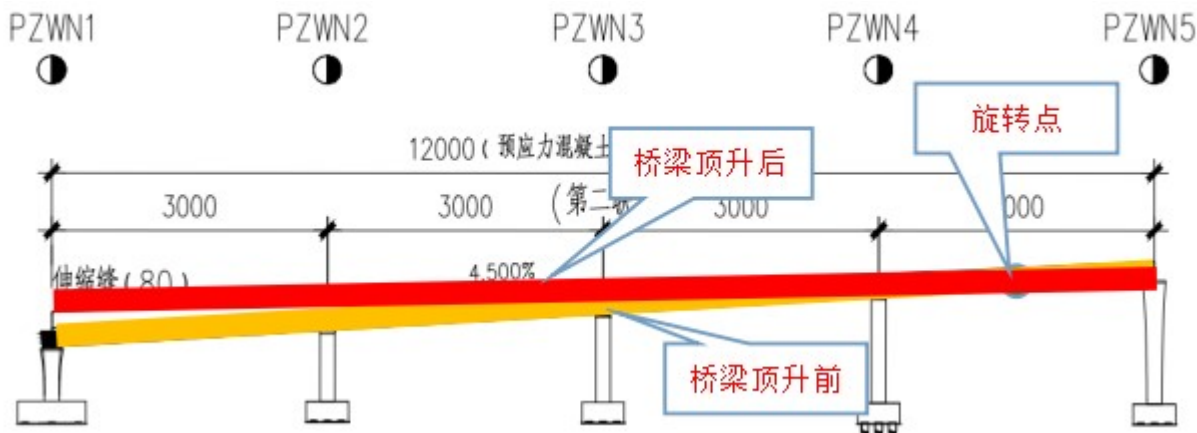


图5 桥梁顶升前后对比示意图

表1 桥梁顶升过程统计

墩号	纵向设计梁中中心间距	纵向实测(边墩梁端-中间墩以及中间墩梁中-梁中)间距	纵向位置传感器距离梁端或中心距离	设计顶升高度	依据传感线位置及设计意图调整该墩梁体顶升高度
1#	30	29.96	0.15	1.580	1.577
2#	30	30	0	1.149	1.129
3#	30	30	0	0.650	0.679
4#	30	30	0	0.229	0.229
5#	30	29.96	-0.15	-0.22	-0.217

统自动进行顶升控制，在顶升时按照角速度一致等比例自动顶升，同时设置1#墩顶升高度单次最大为10cm。其他各墩按照比例顶升高度递减。

单次顶升完成后将全桥顶面设置的10个高程观测点进行一次顶升高度采集，同时对桥下传感器位置设的位移变化观测点进行一次数据采集。将其两组数据进行对比，对比以后主要依据桥面标高变化值进行调整，当发现数据异常时启动单点调整，单点调整时关闭其他不需要调整的点顶升。进队需要调整的点进行顶升或下落。以第5次顶升采集的数据为例进行详细说明。

表2 桥梁第五次顶升采集数据过程统计

墩号	计算值	第5次顶升后桥面数据	第5次顶升后传感器位置数据	计算值与桥面数据对比
1#左	0.489	0.487	0.487	0.002
1#右	0.489	0.488	0.489	0.001
2#左	0.355	0.355	0.355	0
2#右	0.355	0.354	0.355	0.001
3#左	0.213	0.213	0.213	0
3#右	0.213	0.214	0.214	-0.001
4#左	0.072	0.070	0.071	0.002
4#右	0.072	0.07	0.071	0.002
5#左	-0.068	-0.068	-0.067	0
5#右	-0.068	-0.068	-0.067	0

分析结果如下：1#墩设置累计顶升高度为0.5m，实际最后为0.489m，相差11mm。采集桥面和桥下数据将其对比分析发现可能产生该状况的原因为桥梁多次顶升和更换垫块时压缩导致桥梁并未达到理想顶升数据。但是通过检查其他各点顶升数据发现整体还是比较成比例关系的。所以启动调整

第一步：关闭2#-5#顶升模式，对1#进行顶升单点调整，首先将1#点左右各顶升1mm，然后关闭右侧点顶升模式，继续顶升将左侧点再顶升1mm。如此一来桥面理想标高点1#左右应该变化值均为0.489。

第二步：2#和3#墩不调整（因异常数值仅1mm，当大于2mm时才进行调整）

第三步：将其他各墩均关闭，启动4#墩调整模式，将4#墩左右点均顶升2mm。

完成以上调整以后进行二次测量，按照上述调整方法和计算方法基本满足桥梁顶升需求。

(四) 千斤顶泄压造成的落梁风险控制

传统双组千斤顶顶升是将跟随千斤顶替换为普通液压千斤顶，该顶升的思路为千斤顶为双组，当一组千斤顶失效时那么另外一组千斤顶也可以支撑上部梁体重量，虽然该顶升方法能够减少出现泄压落梁的概率但是却无法完全解决同时泄压的风险，关键在于主油管如果一旦被大型物体撞击直接发生断裂那么双组千斤顶将全部是去作用，可能造成无法想象的灾难性事故。综上所述，虽然两种施工方法均适用于顶升，但是采用液压千斤顶和机械跟随顶顶升方式可以大大降低安全风险。

三、结语

采用桥梁顶升施工工艺，能够避免大拆大建带来的成本增加，桥梁顶升对原桥梁体能够完全利用，无需拆除，杜绝施工浪费，节省了工期，能够更快的发挥效益。

一般民众对新建或者拆建总是抱怨较多，无非是因为新建拆建导致道路拥挤，噪声扰民，城市污染等状况，如何采用更经济，更快捷的施工工艺是目前各方面所关心的。相较于拆除重建顶升工艺更符合低碳环保的社会理念，避免了在城市中拆除造成较大的环境污染和噪声污染。顶升技术相较于拆建造价相对经济，市场广阔，对周边环境及居民影响较小等显著优点，具有显著的社会效益。

参考文献

[1] 林杰, 寇永增. 桥梁顶升工程施工工艺及关键技术[J]. 辽宁省交通高等专科学校学报. 2013, 15(04): 77-81.
 [2] 蒋光炜. 某互通桥梁顶升工程施工关键技术探究[J]. 福建交通科技. 2018, (02): 104-107.
 [3] 蒋岩峰, 蓝戊己. 桥梁整体顶升关键技术研究[J]. 建筑结构. 2007, 37(S1): 547-549.
 [4] 李品寿. 桥梁顶升和加高技术[J]. 公路, 2011(01): 158-161.
 [5] 于心然. 下草湾大桥同步顶升支座更换施工技术[J]. 公路, 2015, 60(04): 118-122.