

多种顶升工艺在高速公路改扩建工程中的应用

张 翀¹, 李军华², 刘国晓², 孙良博²

(1.上海先为土木工程有限公司, 上海市 200331; 2.中建八局第一建设有限公司, 山东 济南 250014)

摘 要:以京台高速公路济南至泰安段改扩建工程一标段中的四座桥梁调坡顶升工程为例, 根据各桥的工况不同, 分别制定了不同的桥梁顶升施工方案, 介绍了桥梁整体调坡工程多种桥梁顶升工艺在高速公路改扩建工程中的应用, 以供相关专业人员参考。

关键词:多种顶升工艺; 桥梁调坡顶升; 高速公路; 改扩建工程

中图分类号: U445.6

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2023)09-0238-04

0 引 言

随着我国经济的不断发展, 高速公路交通流量日益增长, 交通运输行业发展迅速。我国早年修建的高速公路交通流量几乎饱和, 道路拥堵现象严重; 桥涵净空不足, 导致过往货车刮蹭既有桥梁, 大大降低了该路段车辆的行驶速度, 影响行车安全及桥梁安全, 服务水平严重下降, 其规模能力与其承担的交通运输任务和路网中的作用不相匹配等突出问题^[1]。对高速公路的改扩建及桥涵抬升改建是社会发展的必然趋势, 而采用顶升技术对既有桥梁进行抬升改建是目前最优的解决办法, 不仅可以有效地利用桥梁原有结构, 最大程度减少施工对周边环境的影响, 还可以节约建设资金, 加快施工工期, 是对建设节约型社会的积极响应。现以京台高速公路济南至泰安段改扩建工程一标段中, 四座桥梁调坡顶升工程为例, 介绍桥梁整体调坡工程多种桥梁顶升工艺在高速公路改扩建工程中的应用, 以供相关专业人员参考。

1 工程概况

京台高速公路是《山东省综合交通网中长期规划(2018—2035年)》中“九纵五横一环七射多连”高速公路网布局优化的“纵七”线, 作为山东省最早通车的高速公路之一, 1999年建成通车以来交通量增长迅速。公开资料显示, 作为沟通首都北京和中东部重要城市的主通道, 2019该路段交通量已达到

88 471 pcu/d。目前该路段通行能力和服务水平严重不足, 已不能适应未来交通发展需求, 亟需实施改扩建^[2]。

京台高速公路济南至泰安段改扩建工程起于京台高速和济广高速交叉的殷家林枢纽, 沿老路扩建前行, 项目采用全线原位扩建, 沿既有公路“两侧拼宽(馒头山路段改移既有中央分隔带)”的总体改扩建方案, 拓宽至双向八车道, 拓宽里程全长 54.071 km。

2 桥梁概况与改造需求

2.1 桥梁概况

范庄大桥, 跨径布置 $6 \times 16 \text{ m} + 6 \times 16 \text{ m} + 6 \times 16 \text{ m}$, 桥梁全长 288 m。桥梁单幅宽 17.25 m。上部结构为装配式预应力混凝土简支板, 0号桥台为 U 型桥台、扩大基础, 18号桥台为桩柱式台、桩基础, 桥墩为柱式墩、扩大基础。断面图如图 1 所示。

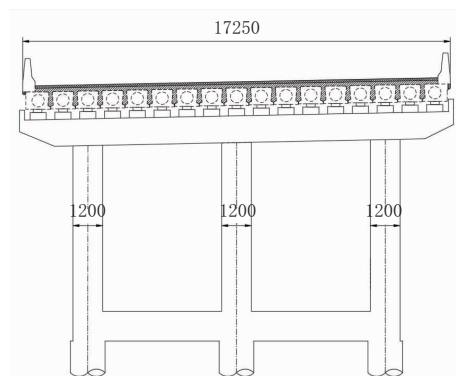


图 1 范庄大桥断面图(单位:mm)

明发路分离立交桥, 跨径布置 $3 \times 16 \text{ m}$, 桥梁全长 48 m。桥梁单幅宽 17.25 m。上部结构为装配式预应力混凝土简支板, 桥台为柱式台、桩基础, 桥墩为柱式墩、桩基础。断面形式与范庄大桥类似。

收稿日期: 2022-08-29

作者简介: 张翀(1997—), 男, 大专, 从事桥梁平移和顶升技术工作。

孙家峪中桥,跨径布置 3×16 m,桥梁全长48 m。桥梁单幅宽17.25 m。上部结构为装配式预应力混凝土简支板,桥台为U型桥台、扩大基础,桥墩为柱式墩、扩大基础。断面形式与范庄大桥类似。

崮山互通立交主线1号桥,跨径布置 4×20 m,桥梁全长80 m。桥梁单幅宽17.25 m。上部结构为装配式预应力混凝土简支板,桥台为U型桥台、扩大基础,桥墩为柱式墩、扩大基础。断面图如图2所示。

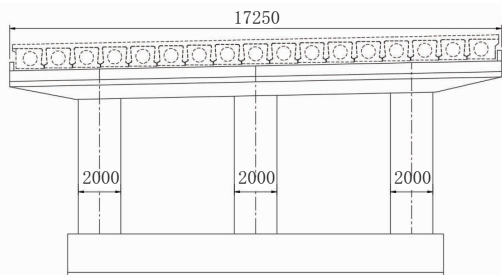


图2 崮山互通立交主线1号桥断面图(单位:mm)

2.2 改造需求

在这次改扩建工程中,四座桥梁平面设计路线保持不变,纵断抬高,横坡维持不变。其中:

范庄大桥改造总面积为9 936 m²,纵断抬升改造高度为45~219 cm。

孙家峪中桥改造面积为1 656 m²,纵断抬升改造高度为19~21 cm。

明发路分离立交桥改造面积为1 656 m²,纵断抬升改造高度为90~120 cm。

崮山互通立交主线1号桥改造面积为2 760 m²,纵断抬升改造高度为50~80 cm。

合计顶升改造面积为16 008 m²。

根据各桥工况及顶升高度的不同,上部结构顶升分别采取筏板基础顶升法、下抱柱梁顶升法、上下抱柱梁断柱顶升法、植入钢牛腿顶升法、超薄千斤顶直接顶升法五种桥梁顶升改造施工方案。下部结构通过加高垫石、加高盖梁、接高墩柱进行改造。

3 顶升施工方案

3.1 筏板基础顶升法

考虑到范庄大桥0号桥台原结构采用U型重力式桥台结构,桥下土质良好,可将桥台内侧地表土质进行夯实(也可以铺设碎石强化夯实),在地表浇筑100 mm厚的素混凝土垫层,然后在垫层上皮绑扎双层双向钢筋作为筏板基础的内部受力筋,筏板基础高度为500 mm。

筏板基础强度达到后,在其顶面进行灌浆料找平,安装 $\phi 609$ mm钢支撑,钢支撑正上方对应板梁

位置底部安装液压千斤顶及跟随千斤顶。由于上部板梁由17片空心板梁组成,板梁缝隙之间采用固定锚栓铰接,不能较好地传递液压千斤顶的顶升力,所以需要在空心板梁下部安装双拼工字钢分配梁传递分力,在钢分配梁下吊装200 t液压千斤顶5台和200 t机械跟随保护千斤顶5台,共提供1 000 t顶升力,0号桥台上部结构总重为275 t,安全系数3.63。筏板基础顶升法如图3所示。

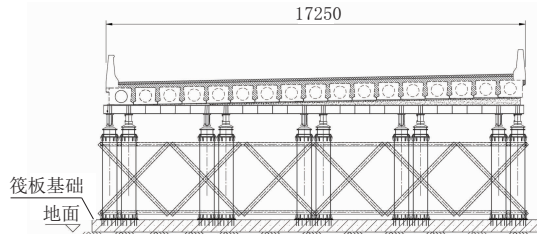


图3 新建筏板基础顶升示意图(单位:mm)

依靠液压千斤顶顶升,跟随千斤顶无缝跟随、机械锁定保压,安全地将桥台上部桥面顶升至设计标高,随后锁定双组千斤顶,桥梁上部结构此时全部由钢支撑承力。

3.2 下抱柱梁顶升法

由于范庄大桥1#~9#墩柱下部墩柱不存在桩基承台,所以范庄大桥1#~9#墩顶升改造无法采用常规方案直接安装钢支撑进行顶升,所以计划将在原墩柱下部浇筑下抱柱梁顶升基础,采用双拼工字钢分配梁直接顶升上部空心板梁(类似于筏板基础顶升法),单墩配置200 t液压千斤顶10台和200 t机械跟随保护千斤顶10台,共提供2 000 t顶升力,单墩重550 t。安全系数3.63。顶升完成后,对原盖梁的砂浆找平层进行凿除,并进行凿毛,加高原有盖梁。下抱柱梁顶升法现场应用见图4所示。其中崮山互通立交主线1号桥墩处及明发路分离立交桥桥墩处工况与范庄大桥1#~9#类似,顶升施工改造均采用下抱柱梁顶升方案。



图4 新建下抱柱梁顶升施工之实景

3.3 上下抱柱梁断柱顶升法

根据桥梁改造设计规划,范庄大桥10#~17#桥

墩将抬升 1.38~2.07 m,显然再对盖梁面采取加厚的方案不但不美观,还将对盖梁的安全稳定性造成负担,故采取断柱顶升的方案,在顶升完成后重新连接墩柱的纵向钢筋,并对上下柱头凿毛,加粗原有墩柱。

与前文所述范庄大桥 1#~9# 类似,由于下部墩柱不存在桩基承台,故只能采取上、下抱柱梁的顶升方案:即对原有墩柱柱壁凿毛,浇筑上、下两道环柱壁的圈梁,以上抱柱梁作为桥梁上部结构的顶升受力支点,下抱柱梁作为千斤顶支撑体系的顶升反力基础梁,采用静力切割绳锯对上、下抱柱梁之间的墩柱切割,将墩柱沿切割线分离,上抱柱梁上部的盖梁和桥梁结构变成一个可活动结构体,单墩安装 200 t 液压千斤顶 6 台,200 t 机械跟随保护千斤顶 6 台。千斤顶顶升上抱柱梁带动上部结构的抬升,如图 5 所示。待顶升完成后重新对墩柱切割面进行钢筋连接接高,并对墩柱外包加粗。上抱柱梁与联系梁之间设置角钢焊接的限位装置,防止桥梁横纵向的移位偏差。



图 5 上下抱柱梁断柱顶升施工现场之实景

3.4 植入钢牛腿顶升法

崮山互通立交主线 1 号桥及明发路分离立交桥桥台位置顶升高度较高,超薄液压千斤顶顶升行程仅为 2 cm,顶升时临时垫块和顶升支撑循环多,故不能选择超薄液压千斤顶进行顶升改造。而使用筏板基础顶升,需要破坏原有桥台位置锥坡,开挖修复成本较高,施工周期也更长。

采用植入钢牛腿顶升法是桥台顶升改造的最优解决方案。

在台帽立面对应板梁绞缝中间位置及边梁腹板位置植入化学锚栓,安装钢结构牛腿,将千斤顶直接放置在钢牛腿上,上下找平并铺垫钢板,做到对称布置防止偏压。以钢结构牛腿为顶升反力基础,直接顶升梁板,如图 6 所示。

顶升时该墩所有千斤顶同步出缸向上顶起梁体,其单个墩顶升速率与顶升时间均一致,单个行程为 9 cm,结束后在千斤顶后侧的绞缝位置填塞临时



图 6 植入钢牛腿顶升法施工现场之实景

支撑块,然后回收千斤顶缸体由临时支撑块支撑上部梁体,再将千斤顶上部增加临时垫块。循环上述顶升步骤直至桥梁顶升到设计高度。顶升完成后再进行盖梁加高施工。

孙家峪中桥纵断抬升改造高度为 19~21 cm。因顶升高度较低,且原有桥墩较高(约 10 m)采用超薄千斤顶直接顶升法对桥梁进行抬升改建最为合理。其板梁至盖梁之间的净空较小,约 10 cm 左右,只能安装 50 t 的单作用超薄千斤顶,使用原有桥梁盖梁作为千斤顶的反力基础,将 50 t 超薄液压千斤顶直接安装在桥梁盖梁上对应板梁绞缝中间位置,另外在边梁腹板下也布置千斤顶,上下找平并铺垫钢板,做到对称布置防止偏压,如图 7 所示。每跨顶升共使用 36 台 50 t 超薄液压千斤顶,共提供 1 800 t 顶升力,单墩重 550 t,安全系数为 3.27,对于部分安装净空不足的,凿除盖梁找平砂浆或者使用角磨机切割盖梁保护层。

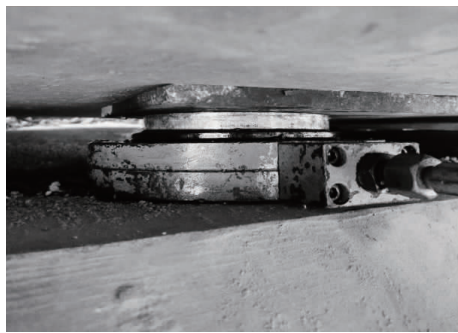


图 7 超薄千斤顶直接顶升施工之实景

顶升过程与植入钢牛腿顶升法类似,顶升行程为 2 cm,顶升完成后再进行预制垫石安装。

4 下部结构改造方案

4.1 加高垫石

范庄大桥 0#~2# 桥墩将在顶升后采取加厚垫石的方案来最终抬高桥梁的标高,抬高高度在约 450 mm 和 600 mm。顶升到位后,对原桥台台帽、盖梁、原垫

石等进行凿毛、设置环氧砂浆找平层后,再进行预制垫石的安装,预制垫石上部安装橡胶支座,塞置楔形钢板保证支座均匀受力,防止存有脱空现象。一切准备就绪后打开液压千斤顶和跟随千斤顶液压锁将上部桥梁结构下落至新台面。拆除顶升设备,于桥台及盖梁上浇筑素混凝土,将预制垫石包裹加固,浇筑标高低于预制垫石 15 cm 即可。

其中孙家峪中桥工况与范庄大桥 0#~2# 类似,下部结构改造施工同样采用加高垫石方案(见图 8)。



图 8 预制垫石安装完成施工之实景

4.2 加高盖梁

3~9# 桥墩顶升调整高度约 700~1 300 mm,因为调整高度相对较大,如果在顶升后直接采用加厚垫石的方法,垫石最大高度将超过 1 m 会对桥梁运营中的安全性产生一定的影响,故此 3~9# 桥墩的接高方案将采用加厚盖梁的方案,在新的盖梁面重新设置桥梁垫石的方案对老桥进行改造,最终抬高桥面标高。

在顶升完成后,锁住千斤顶保压装置,拆除原桥板式橡胶支座,凿除支座垫石。对原盖梁面进行凿毛、植入纵向接高筋,将凿毛面清洗干净、确保加高部分与原桥盖梁形成整体,接高部分盖梁在柱顶处设置一道假缝(见图 9)。

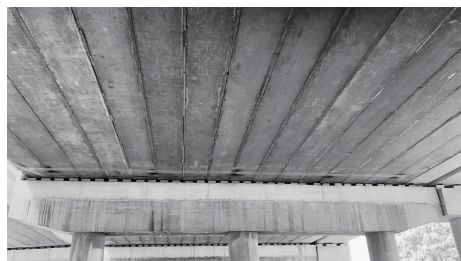


图 9 盖梁加高完成施工之实景

原桥盖梁接高加厚后,现有的盖梁挡块已经不能满足限位高度要求,在盖梁加厚钢筋绑扎前预留出盖梁挡块钢筋,便于在混凝土浇筑时同时一起浇筑成型,减少植筋的工序。

其中崮山互通立交主线 1 号桥墩处及明发路分

离立交桥工况与范庄大桥 3#~9# 桥墩类似,下部结构施工改造均采用此方案。

4.3 断柱连接

10#~17# 墩断柱顶升就位后,由机械随动千斤顶支撑桥梁上部结构,凿除墩柱切割面上下 40 cm 混凝土。立柱凿除面必须修整平齐,并将松散混凝土和钢筋浮渣清理干净。且立柱新老混凝土结合部分进行表面凿毛处理,以利于新老混凝土的连接。露出原墩柱主筋,采用挤压套筒的连接方式,对墩柱的主筋进行连接。连接段混凝土强度等级应高于原墩柱混凝土等级,并宜采用便于灌注和成型的自密实微膨胀混凝土;切断钢筋的连接,应满足一级接头的要求^[1],并对墩柱进行加粗。待混凝土达到设计强度后,拆除顶升设备,完成顶升改造(见图 10)。



图 10 断柱连接加粗完成施工之实景

5 结 语

京台高速改扩建工程四座桥梁顶升施工,采用目前国内最先进的 PLC(可编程逻辑控制器)液压同步顶升控制系统,根据每座桥梁每个墩台的工况,制定了不同的顶升方案,分为筏板基础顶升法、下抱柱梁顶升法、上下抱柱梁断柱顶升法、植入钢牛腿顶升法、超薄千斤顶直接顶升法五种方案。下部结构通过加高垫石、加高盖梁、接高墩柱进行改造。与拆除重建相比,最大程度地降低了施工风险。在顶升施工过程中,无需封道施工,没有灰尘的产生,最大程度地降低对周边环境和交通的影响,实现绿色、低碳施工,可为今后类似高速公路改扩建工程建设提供施工经验及参考。

参考文献:

- [1] 许利彤,崔言继,鲁凯,等. BIM 技术在高速公路改扩建中的应用探索[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(6): 50-55.
- [2] 山东高速股份有限公司关于投资京台高速公路济南至泰安段改扩建工程项目的公告[OL]. 新浪财经, 2020-11-06[2022-06-22]. <http://finance.sina.com.cn/roll/2020-11-06/doc-iiznetke9774096.shtml>.
- [3] GB T51256—2017, 桥梁移位改造技术规范[S].