

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2021.03.021

狭窄地段桥梁重建方案设计关键技术研究

项宏亮¹, 陈亮²

(1. 南通大学 交通与土木工程学院, 江苏 南通 226019; 2. 东南大学 成贤学院)

摘要:利用有限场地完成桥梁上、下部结构的施工且不影响周边既有建筑的安全是狭窄地段桥梁建设的难点,桥梁建设方案必须充分考虑周边地形限制与既有建筑物的结构安全。该文以某桥拆除重建方案设计为研究对象,通过桥梁现状调查、上部和下部结构形式及施工方法的对比分析,确定了在现有狭窄地形条件下,上部结构采用扒杆吊装方式架设预制空心板梁、下部结构采用正循环回转钻进成孔施工钻孔灌注桩,配以微型钢管桩支护以减少桩基成孔施工对周边地基的变位和振动影响,桥梁重建设计方案合理可行。

关键词:狭窄地段;桥梁重建;钻孔灌注桩;微型钢管桩;扒杆架梁

在城镇区域场地狭窄地段,利用有限场地完成桥梁上、下部结构的施工且不影响周边既有建筑的安全是桥梁建设的难点,在桥梁方案设计阶段,应在充分调查现场实际情况的基础上,根据可供选择的合理的上、下部结构施工方法,确定最优的桥梁结构设计方案。

1 桥梁概况

1.1 原桥概况

某桥全长 30 m,全宽 4.2 m,净宽 3 m,跨径布置为 5×6 m,上部结构采用钢筋混凝土肋梁,横向设置 4 片;桥面系采用预制拼装钢筋混凝土板、水泥混凝土铺装层;桥墩采用钢筋混凝土排架墩,桥台为重力式桥台。

由于上部结构中肋梁及桥面板出现严重的破损、钢筋外露及锈蚀,部分排架墩出现立柱倾斜、斜撑断裂,桥台前墙出现开裂等严重结构性病害,需拆除重建。桥梁现场立面照片如图 1 所示。



图 1 桥梁现场立面照

1.2 桥位地形与地质

桥梁位于集镇区域,四周为居民建筑,西北角房屋前坪紧贴桥梁边缘,悬挑部分距桥梁边缘约 1.15 m;西南角房屋新增砖木棚户紧贴桥梁边缘,悬挑部分距桥梁边缘约 0.55 m;东北角房屋新增部分悬挑支承于桥面,原有悬挑部分距桥梁边缘约 1.0 m;东南角房屋下方石砌基础紧贴肋梁,上部墙体部分支承于桥面。具体桥位处状况见图 2。

场地地表以下 50 m 范围依次分布有素填土、粉土、淤泥质粉质黏土、粉质黏土及粉砂,土层力学性质较差,属抗震不利地段。各土层厚度、埋深及力学性质如表 1 所示。

2 总体设计原则

由于原桥东西两侧现状紧邻房屋,周边房屋主体结构距离桥位较近且均有悬挑部分紧贴桥梁边缘,施工场地狭窄,老桥结构拆除和重建桥梁上、下部结构施工会对周边房屋结构安全造成较大影响。桥梁拆除重建方案主要从以下 3 个方面考虑:

(1) 原桥台采用重力式桥台、扩大基础,重建桥梁应尽量避免对原桥台的全面开挖清除。

(2) 桥梁上、下部结构设计必须充分考虑场地大小及结构施工对周边房屋的影响。

(3) 在技术可行前提下,应选择经济性更佳的设计、施工方案。

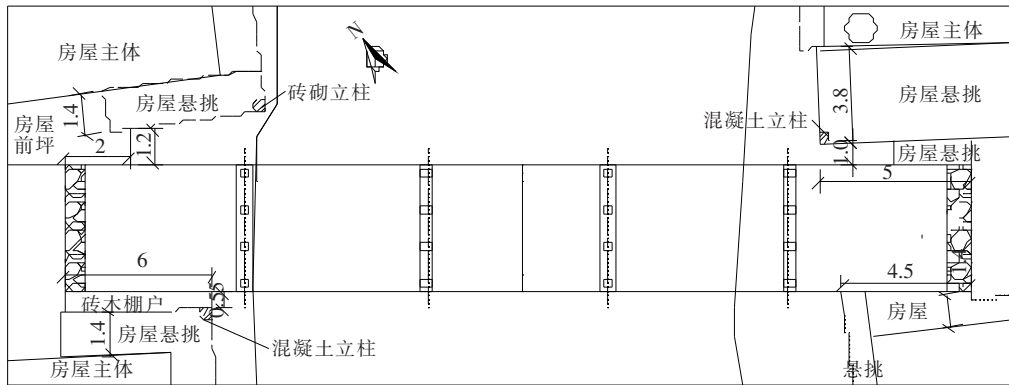


图 2 桥位现状示意图(单位:m)

表 1 场地土层参数

土层名称	层厚/ m	桩周土极限 摩阻力/kPa	地基承载力 特征值/kPa
素填土	1.0	0	0
粉土	3.0	26	120
淤泥质粉质黏土	3.0	22	80
粉土	4.0	26	120
粉质黏土	7.0	60	180
粉砂	32.0	40	160

3 桥梁重建方案设计

3.1 桥梁重建设计总体方案

重建桥梁根据交通需要按 4 m 宽度设计,基于施工场地大小、河道泄洪要求、工期长短和施工难易程度以及经济性等方面考虑,排除上部结构现浇的方案,为避免老桥桥台全面开挖可能引起对周边建筑物的损害,将桥梁长度适当缩短,提出了 1×25 m、2×13 m 和(8+10+8) m 3 种跨径组合的空心板梁结构形式。

桥梁下部结构设计主要涉及桥台基础形式选择,主要在扩大基础和钻孔灌注桩基础两种形式中选择。根据前述空心板梁结构常用截面尺寸、桥梁公路Ⅱ级设计荷载,按照桥台处采用 5 m 高重力式桥台初步

计算,该桥桥台采用扩大基础时持力层的地基承载力要求不低于 153.7~191.3 kPa(表 2),需对桥位处淤泥质黏土层及下卧土层进行加固。

相较于该桥桥台扩大基础方案须进行较大面积和深度的基坑开挖、地基的加固处理,考虑桥位实际地形、地质条件后采用 $\phi 800$ mm 桩基础形式,在减少基坑开挖、控制对周边建筑物影响和减少工程投入方面更有优势。

表 2 地基承载力要求

桥梁上部 方案	恒载/ kN	活载/ kN	组合/ kN	地基承载 力/kPa
1×25 m	4 003.6	588.2	4 591.8	191.3
2×13 m	3 326.0	526.0	3 852.0	160.5
(8+10+8) m	3 155.3	532.7	3 688.0	153.7

3.2 桥台基础施工关键技术

3.2.1 桩基础施工方式选择

该桥桥台采用桩基础形式,根据桥位地形、地质条件,初步可供选择的桩基础施工方式包括全套管回转钻机旋挖成孔灌注桩和正循环回转钻进成孔灌注桩,如表 3 所示,静力压桩机由于外形尺寸较大(工作宽度超过 9 m)和挤土效应对周边建筑影响大而不能采用,综合考虑成桩施工机械尺寸、桩基施工对周围土体扰动大小等,选定正循环回转钻进方式成孔。

表 3 钻机参数

钻机类型	钻机型号	孔径/m	外形尺寸/(m×m×m)	成孔原理
全套管回转钻机	DTR1605H	0.8~1.6	4.9×2.5×3.3	压入套管,钻机回转减少摩阻,旋挖取土
正循环回转钻进钻机	GPS-15	0.8~1.5	4.8×2.2×10.0	钻头切削土体、泥浆携带钻渣及护壁

3.2.2 桩基础施工减振措施设计

正反循环回转钻进成孔和旋挖成孔施工对周边环

境振动影响比其他成孔方式要小,在一般的桥梁设计中由于距离周边建筑物较远而往往被忽略。文献[4]、

[5]中分别对旋挖钻机和循环钻机钻孔施工时的距桩基不同水平距离的地表测点振动速度、加速度进行了监测,根据文献[4]中研究结果,对于1 m直径的灌注桩,旋挖或循环回转钻进成孔施工的振动影响较大的范围为10 m左右,文献[5]中不同位置测点速度实测结果也基本表现出这一现象。

对于建筑物振动影响的控制标准,多以地面质点的振动速度作为控制指标,中国在土木工程相关行业目前有CJJ/T 202—2013《城市轨道交通结构安全保护技术规范》中给出的振动速度控制值为2.5 cm/s,GB 6722—2014《爆破安全规程》中规定在频率10 Hz以下时,一般砖房、非抗震的大型砌块建筑物地面质点的安全振动速度为2.0~2.5 cm/s,国外相关标准如德国的技术规范中对于频率10 Hz以下时,一般民用建筑的振动限值为0.5 cm/s;也有文献参照GB 50191—93《构筑物抗震设计规范》和GB 50011—2010《建筑抗震设计规范》中有关规定,认为建筑物振动加速度小于0.1g时对建筑物基本无危害。该桥周边房屋年代较久,且该桥桩基础离周边建筑物基础结构最小距离约2.6 m,必须考虑桩基施工时的振动影响。

考虑该桥施工场地狭窄的实际情况,拟将基坑工程中微型钢管桩这一较新的支护形式用于该桥,作为桥台桩基钻孔施工的主要隔振措施,在桥台桩基外侧布设2排 $\phi 159\text{ mm} \times 6\text{ mm}$ 微型钢管桩,钢管桩间距250 mm,桩长10 m,孔内注浆并在桩顶浇筑混凝土圈梁,如图3所示,微型钢管桩距周边建筑物最小距离为80 cm,有工程实践表明围挡或障碍物距钢管桩中心 $\geq 55\text{ cm}$ 即可施工微型钢管桩,也有设置类似桩型对古建筑进行减振起到良好效果的例子。

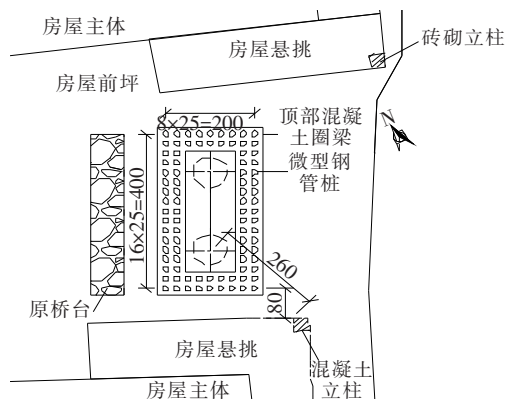


图3 微型钢管桩布置示意图(单位:cm)

3.3 上部结构施工关键技术

3种桥跨设计方案中上部结构施工的关键问题是

板梁运输与吊装,桥位位于集镇区域,桥下河流不通航,因而不具备水上运输和吊装条件;两侧桥头道路宽5~6 m,周边道路宽12.5~16.8 m(图4),大型运输车辆无法直接通行进入施工场地,接近桥位后如有需要可采用专门运梁小车或自行运输模块进行空心板梁运输;其中25 m桥跨方案板梁在西侧南北向道路转至桥头运输路线时可能存在困难。



图4 桥位周边道路情况(单位:m)

板梁吊装方面,根据各方案板梁自重,常规汽车吊装方式下可选择表4所列规格,25 m桥跨方案下汽车吊支腿距离大于桥头空地宽度而无法采用;13 m桥跨方案可分别在桥梁两端布置汽车吊,但东侧道路板梁运输不便,且汽车吊须定点回转吊装,而桥梁周边房屋为2~3层建筑,吊装时须跨越房屋回转,施工难度较大;(8+10+8) m桥跨方案除东侧边跨存在同上困难外,中间桥跨吊装时无法在边跨展开汽车吊支腿。

对比分析桥梁各种架设方法后,确定采用人字形扒杆“双钓鱼法”架梁,根据文献[14]相关说明,扒杆高度 H 应大于0.5倍梁长,底宽 b 的范围为 $0.3H \sim 0.5H$,3种跨径板梁吊装扒杆高度分别为13、7和6 m,扒杆底宽分别为6.5、3.5和3 m。25 m桥跨扒杆底部超出现有桥头空地范围,与两侧房屋产生冲突,13 m和(8+10+8) m桥跨方案扒杆架设和板梁吊装技术可行。扒杆架梁过程如图5所示。

3.4 桥梁重建设计方案

根据前述桥梁方案设计分析,综合考虑各方案工期长短、施工难易程度、对河道泄洪能力影响、景观效果和经济性等方面因素,确定采用 $2 \times 13\text{ m}$ 空心板梁桥方案,下部结构采用桩柱式墩台,钻孔灌注桩采用正循环回转钻进成孔,板梁架设采用扒杆吊装。桥梁立面布置如图6所示。

表 4 各方案板梁重及汽车吊参数

桥梁上部方案	板梁自重/kN	适用汽车吊	汽车吊最大起重量/t	外形尺寸/(m×m×m)	支腿距离/(m×m)
1×25 m	383	QY75	75	15.5×3.2×4.2	7.8×6.2
2×13 m	129	QY25D	25	12×2.5×3.3	5.6×4.6
(8+10+8) m	91	QY16G	16	12×2.5×3.3	5.2×4.1

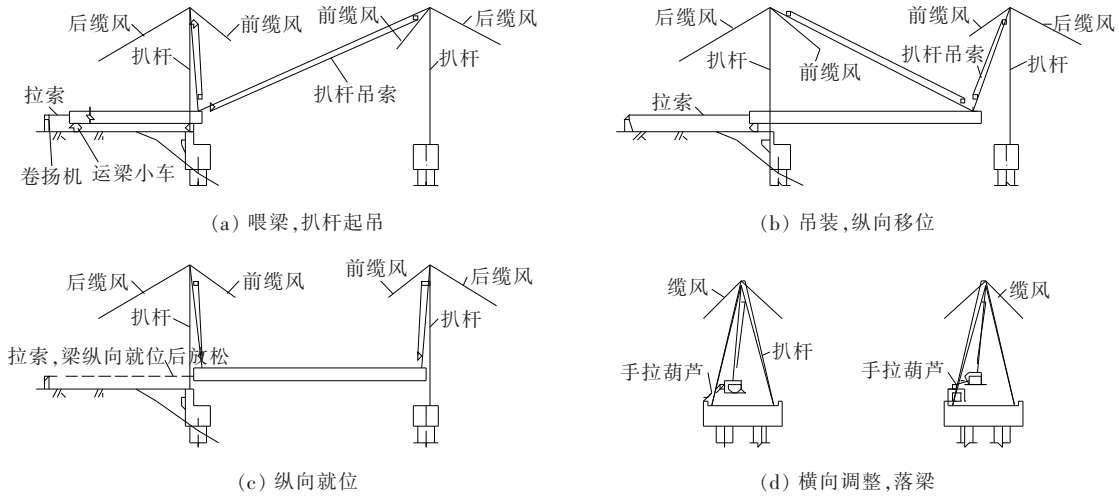


图 5 扒杆架梁施工流程图

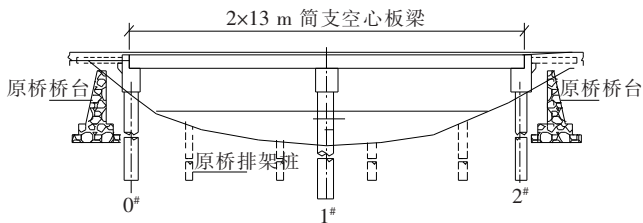


图 6 重建方案立面布置图

4 结语

该文根据狭窄地形下的桥梁重建工程实践,从尽量减小对周边环境影响角度出发,提出了避免对原桥基础全面开挖的桥跨布置方案,从经济性、施工便利性和对周边环境的影响等方面考虑,确定了桥梁上、下部结构形式,并对桥梁上、下部结构施工技术进行了详尽的分析,确定了桥台桩基础采用正循环回转钻进成孔配合微型钢管桩支护,上部结构采用预制拼装结构配合扒杆吊装的设计方案,较好地解决了对周边环境、工程投入等问题,对类似工程实践具有借鉴意义。

参考文献:

[1] 牟宗军,翟晓亮,刘喆. 环形钢桁架人行天桥概念设计

[J]. 中外公路,2016(4).

- [2] 贺亚林,赵焜成,田启军. 桥梁现浇支架整体平移施工关键技术研究[J]. 中外公路,2017(3).
- [3] 何清华. 桩工机械[M]. 北京:清华大学出版社,2018.
- [4] 徐磊. 钻孔灌注桩施工对周边建筑物振动影响研究[J]. 铁道建筑,2012(11).
- [5] 曾永胜,刘为洲. 桩基施工振动对周边建筑物影响的研究[J]. 现代矿业,2011(4).
- [6] CJJ/T 202—2013 城市轨道交通结构安全保护技术规范[S].
- [7] GB 6722—2014 爆破安全规程[S].
- [8] 曹艳梅,夏禾. 振动对建筑物的影响及其控制标准[J]. 工程力学,2020(增刊).
- [9] 方磊,经纬,刘松玉. 强夯振动影响与构筑物安全距离研究[J]. 东南大学学报(自然科学版),2001(3).
- [10] GB 50191—93 构筑物抗震设计规范[S].
- [11] GB 50011—2010 建筑抗震设计规范[S].
- [12] 刘晓青,兰晴朋. 微型钢管桩基坑支护施工技术[J]. 建筑施工,2011(10).
- [13] 王霄志. 桩基础施工对周边建筑物的影响[J]. 广东土木与建筑,2000(6).
- [14] 交通部第一公路工程总公司. 桥涵[M]. 下册. 北京:人民交通出版社,2000.
- [15] 马海军,于晗,冯晓. 平移滑模技术在支架现浇桥梁中的应用研究[J]. 工程建设与设计,2018(3).