

既有河道桥处实施地道分析研究

吴 炜

[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘 要:江浙软土地基区主干路下穿地道工程会遇到附近河道的既有桥梁问题,重点探讨了地道与某既有桥梁桩基冲突的解决方案。工程面临保通要求高、需利用既有合格桥梁、减小周边影响等多重挑战。研究论证了地道分幅绕行、拆除部分老桥实现桥隧共建、地道分幅穿桥以及拆桥改建箱涵四种方案。经综合比选,拆除部分老桥实现桥隧共建方案以其对周边少影响、可利用保留桥幅保通、造价适中等优势被推荐。该方案将新建桥梁墩柱设置于地道顶板上,形成“上桥下隧”的复合结构,通过桩基与地基加固组合控制沉降。在既有桥梁下建设隧道时,桥隧共建模式能高效集成交通、行洪与地下空间功能,对既有桥梁下实施隧道工程具有重要参考价值。

关键词:既有桥梁;桥隧共建;桩基托换;研究

中图分类号: U443.15; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)04-0247-05

Analysis and Study on Tunnel Construction at Existing River Bridge

WU Wei

[Tongji University Architectural Design and Research Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: The tunnel project of the main road in the soft soil foundation area of Jiangsu and Zhejiang will encounter the problem of existing bridges in nearby rivers. The solutions to the conflict between a tunnel and an existing bridge pile foundation are discussed in detail. The project faces the multiple challenges, including the high requirements of traffic maintenance, the need to utilize the existing qualified bridges, and the reduction of surrounding influence. Four schemes are studied and demonstrated that is the detour of the tunnel in sections, the demolition of part of the old bridge to achieve the co-construction of the bridge and tunnel, the passage of the tunnel in sections through the bridge, and the demolition of the bridge to rebuild the box culvert. Through comprehensive comparison, the scheme of demolishing part of the old bridge to achieve bridge-tunnel co-construction is recommended due to its advantages such as less impact on the surrounding area, the ability to retain the bridge span for traffic maintenance, and moderate cost. In this scheme, the newly built bridge piers are set up on the tunnel roof to form a composite structure of “bridge above and tunnel below”. The settlement is controlled by combining pile foundation and subgrade reinforcement. When building tunnels under existing bridges, the bridge-tunnel co-construction model can efficiently integrate the functions of traffic, flood discharge and underground space, and has important reference value for the implementation of tunnel projects under existing bridges.

Keywords: existing bridge; bridge-tunnel co-construction; pile underpinning; research

0 引 言

随着城市化的深度发展,土地资源日趋紧张,在既有建成区内进行新的交通基础设施建设已成为常态,尤其是在河网密布、软土广布的江浙地区。在此背景下,新建地下工程与既有地上构筑物(如桥梁桩基)在三维空间上产生冲突,构成了复杂的工程技术难题。此类桥-隧冲突问题的解决,直接

关系到工程的可行性、安全性、经济性以及对城市既有功能的影响。

目前,对于基础设施的空间叠加问题已积累了一定的研究与实践:为满足地铁车站与市政桥梁的合建中不同类型结构的功能与安全要求,对关键技术难题进行分析研究^[1],城市高架与地下车站的叠合结构技术研究^[2];有采用数值法对隧道与桥梁结构共建桩基合理布置,分析隧道和桥梁共建条件下,隧道结构及桩基受力特征^[3-4],隧道下穿及盾构隧道施工影响下邻近桥梁桩基变形特性研究及地表沉降作用规律^[5-7]。

收稿日期: 2025-11-18

作者简介: 吴炜(1980—),男,硕士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

施工技术方面,有研究地铁站主体暗挖段下穿城市主干道桥梁山地城市暗挖隧道近距离下穿桥梁的施工技术^[8-9]。有聚焦于隧道穿越既有桥梁群桩时的桩基托换技术,通过理论分析与数值模拟,对托换过程中的受力转换、盾构切桩影响等关键问题进行了深入研究^[10-15]。这些成果为处理结构空间冲突提供了宝贵的理论依据和方法。

现有研究多侧重于全新建的合建或“隧道下穿”式的被动穿越,对于在必须维持既有城市核心道路通行、且需充分利用现有合格桥梁结构的严苛多重约束下,如何主动设计并优化“桥-隧”共建方案,尚缺乏系统性的方案比选与针对性设计方法的探讨。特别是如何在水系发达的软土地区,同步保障河道行洪、控制对周边环境的影响,并实现技术经济的综合最优,仍值得研究探讨。基于此,本文以浙江省湖州市既有陆家坝桥节点工程为例,探讨下穿地道与交叉口邻近河道上既有桥梁冲突的解决方案。

1 工程概述

工程位于江南软土地基的浙江省湖州市,主干路采用双向4车道地道下穿被交路,地面设置辅道与被交路进行交通转换。在交叉口南侧约150m处存在一处现状河道及既有桥梁,地道线位与现状陆家坝桥梁桩基冲突,需重点解决桥梁与隧道的相对关系。

2 河道及既有桥梁现状

河道位于为城市防洪范围内,水位能通过闸站控制,现状陆家坝桥为16 m+20 m+16 m,全长52 m的简支混凝土板梁桥,桥梁宽度50.9 m。桥梁上部结构为钢筋混凝土空心板;下部结构为桩接盖梁桥台+桩柱式桥墩,桩径1.0 m,桥面系采用沥青混凝土铺装。

横桥向共4幅,中间两幅为老桥,在老桥两侧各拼宽一幅新桥。横向布置见图1。

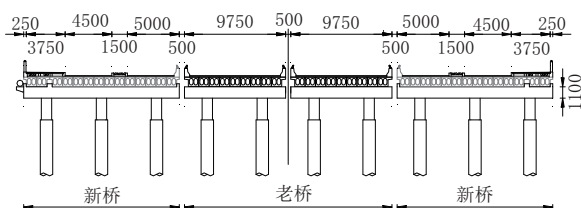


图1 陆家坝桥横断面(单位:mm)

该桥经检测,该桥左、右幅老桥、新桥技术状况较好,综合评定全桥技术状况等级为B级,但全桥桥面系结构状况较差。

项目为既有主干路上桥梁下新建隧道,与全新建隧道有较大不同:因本主干路为城市核心道路,修建地道过程中交通不能断流,必须做好保通;既有桥梁检测能用,应尽量利用,避免浪费;周边住宅等建筑林立,施工方案应对周边影响小,并同步考虑工程投资、施工周期等因素。

3 方案论证

本地道结合河道陆家坝桥现状及防洪要求,实施主要考虑地道绕行、桥隧共建、箱涵等四个方案。

方案一:地道分幅绕行既有桥梁方案。本方案为考虑对现状陆家坝桥的影响最小化,将地道断面由一箱两室调整为两箱两室,即分为两个单向两车道的单箱单室断面。地道两箱避让桥梁桩基础,从现状桥外侧绕行(见图2)。

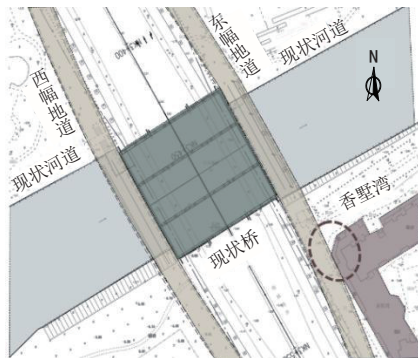


图2 方案一平面图

方案占地增多,拆迁成本增加:在东侧地道结构与陆家坝桥桩紧满足要求的情况下,东幅地道线位仍与香墅湾小区裙房重叠。如按本方案实施,需将裙房结构的2~3个框架拆除,经沟通,方案极难实施。同时,采用隧道线位避让既有桥的分离方案,造成了小半径平面线形,运营期易产生交通隐患。

方案二:拆除中间两幅老桥,新建桥梁与地道共建。根据地道结构横断面的宽度,需将现状桥的中间两幅老桥以及新老桥间的单梁拆除,在原位置新建桥梁。新建桥梁下部为桩接盖梁形式,上部结构为简支先张法预应力钢筋混凝土空心板桥,既有桥梁合格的梁板继续使用。

新建桥梁断面采用20.7 m单幅桥,桥面顺道路设置中分绿化带,既保持绿化景观统一,又作为远期扩建车道预留空间。

因需要保留部分既有桥梁作为临时便道,设计将新建地道设置于中间老桥正下方(见图3)。

新建桥梁墩柱直接落在地道顶板上方,形成“上桥下隧”的共建式结构体系。桥梁上部荷载通过墩

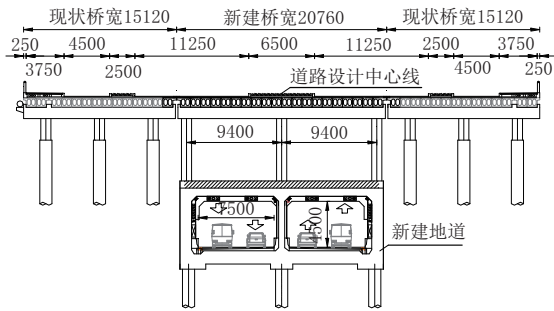


图3 方案二断面图(单位:mm)

柱传到至隧道框架上,通过框架传递至隧道下处理后的地基及桩基基础上。

如果完全按照桥梁横向框架计算最优方案进行桥梁立柱的布置设计,会导致部分立柱直接设置于隧道顶板上方,此部分应力集中,顶板直接承受立柱集中荷载向下的冲切效应。经有限元计算,需要采用增加构造来完成竖向集中力的扩散。综合考虑后,将桥梁墩柱设置于地道腹板附近,并在地道顶板设置局部加强梁支承桥墩,扩散集中荷载,这样既规避了顶板区域应力集中风险,又有效预防了剪切破坏的发生。

本工程地道于软土地区,地道下方需要承担桥梁与地道两部分荷载。结合浇筑隧道混凝土等施工必须措施,避免地道及上部桥梁在施工及运营阶段产生较大沉降,在地道结构底板下部采用桩基与地基加固组合措施来减少沉降。

在桥梁立柱下附近隧道结构底板下采用桩结构,与土体共同承担立柱传下的桥梁荷载及地道荷载。同时,结合既有桥梁的竣工图纸、地勘、计算书等,分析新建地道对老桥近地道附近桩基承载力及变形的影响,判断是否需要采用桩基础的托换以保证老桥的安全。经计算分析,本方案可不采用桩基托换。

在施工过程中,两侧保留的现状新桥结构作为地道施工时的保通道路。考虑到地道的基坑围护桩施工,现状两侧新桥需各拆除一片梁,为围护桩预留施打空间,施工完成后恢复。

方案三:将全部老桥及近老桥的部分新桥拆除,加大中间两幅桥的横向墩柱间距及盖梁跨径。地道结构分为独立两孔后从墩柱间穿过,见图4。

本方案两幅地道向两侧绕行幅度不大,避免了对邻近地块的影响,同时桥梁和地道结构除基础沉降及承载力方面存在一定相互影响外,二者在结构受力上的相互干扰极小,各自受力更为明确。

桥梁桩基长度较大,沉降量总体较小,而隧道基

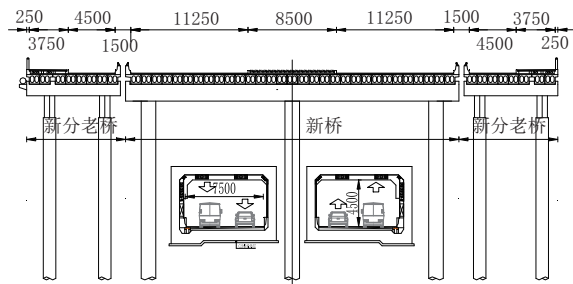


图4 方案三断面图(单位:mm)

底处于河底软基中,基于这一地质条件,对隧道基底实施地基加固,以消除因桥、隧基础不均匀沉降产生的附加应力。桥梁上部荷载经由桥墩不经地道结构直接传递至地基,因此桥梁与隧道在结构上相对独立,两者可进行单独分析计算。

同方案二,后施工部分会对周边土层产生扰动,设计计算中充分考虑这一点,计算时可部分考虑隧道结构对桥墩及桩基产生的影响,因此对于处于隧道附近的桥桩,需考虑土体施工下沉队桥梁桩基产生的负摩阻。

本方案相对方案二,结构受力更为明确简洁,但在横向总体宽度、围堰施工宽度等方面劣势较大,且需要切割更多的新桥盖梁及桩基础。

由于中间新桥梁盖梁、立柱形成的横向框架跨度增大,在不影响行洪的原则下,需控制盖梁外形,对盖梁及墩柱进行特殊设计。

方案四:拆除全部现状桥梁改四孔箱涵。方案经与水利沟通,可将四幅现状桥全部拆除后新建四孔过水箱涵。过水箱涵与南林路地道箱涵在竖向空间上相互独立。

位于地道竖向范围内过水箱涵荷载经地道结构向下传递至地基,箱涵位于地道范围外部分需对基底进行处理,消除过水箱涵基底情况不同导致的不均匀沉降。

随现状陆家坝桥过河的管线仍按原方案过桥,在过水箱涵两端顶板位置设置管道托架,箱涵顶面人行道板下设为管线空间。原桥梁全部拆除,需在两侧架设临时便桥保通。经本方案过水箱涵较桥梁结构体量大,导致景观性较差,不推荐。

以上4个方案各自特点见表1。

经综合比选,方案二在保通、对周边地块的影响、造价等方面具有显著优势,推荐为实施方案。

4 方案计算与优化

共建方案是通过将桥梁支撑体系与地下隧道结

表1 方案比选表

比选内容	方案一:地道分幅绕行	方案二:桥隧共建	方案三:地道分幅穿部分桥梁基础	方案四:桥梁改过水箱涵
现状桥保留情况	不拆除现状桥	仅拆除中间两幅老桥	拆除中间两幅老桥及部分新桥	拆除全部四幅桥
对周边建(构)筑物影响	需拆除香墅湾部分裙房结构	无影响	无影响	无影响
施工期地面保通	现状桥正常使用	利用保留的两侧两幅现状桥保通	需在两侧设置部分钢便桥保通	需在两侧设置临时钢便桥保通
对过桥管线影响	无影响	无影响	施工时管线临时随便桥架设,桥建成后管线按原方式架设过桥	施工时管线临时随便桥架设,桥建成后管线按原方式架设过桥
实施难点	周边小区裙房拆除的不利影响;基坑开挖时需考虑对邻近现状桥基础影响	桥隧共建结构受力较复杂;基坑开挖时需考虑对邻近现状桥基础影响	新建桥盖梁横向跨度大	需等下方地道箱涵完全施工完成回填后方可施工过水箱涵
景观影响	桥与原状一致,小区裙房拆除有较大不利影响	与原状一致	与原状相似	过水箱涵体量过大,景观性较差
工期	拆除工程(裙房):1~2个月 新建工程:约6个月	拆除工程:0.5~1.0个月 新建工程:约9个月	拆除工程:1.0~1.5个月 新建工程:约8个月	拆除工程:1.5个月 新建工程:约10个月
工程造价	适中(裙房无法拆除)	适中	最高	较高
推荐	★	★★★★★	★★★★	★★★

构一体化设计,构建垂直叠合的"桥-隧复合体"。该体系采用桥梁与隧道的荷载共享基础系统,使隧道桩基共同承担地道结构与地面桥梁的双重荷载。计算采用地道结构与桥梁立柱盖梁共同建模计算方法,MIDAS计算模型见图5,盖梁、立柱、桩基以为梁单元,地道结构为板单元,桥梁上部结构、二期恒载施加于盖梁顶。

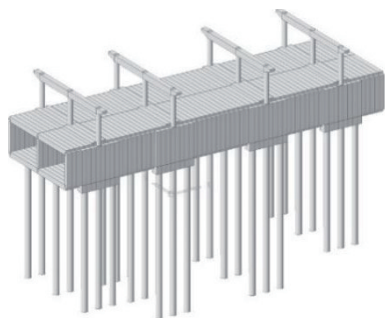


图5 计算模型

桥梁上部的活荷载输入采用动态包络法,将汽车、人非荷载组合作用于盖梁节点,盖梁与地道节点连接,桩基附近土参数输入,模拟等效刚度,精确反映桩土作用效应。依据勘测资料,水位为1.83 m,土层自上而下依次为3 m厚的③层淤泥质黏土,15 m厚工程性能较好的④层粉土,约1 m厚的⑤层淤泥质粉质黏土及极厚、工程性能好的⑥层粉土及粉质黏土。

依据计算结果,进行了以下结构优化:为使得桥梁立柱与侧墙中心对齐,传力顺畅,对共建区段隧道侧壁腹板实施局部向桥梁中轴线外加宽处理,桥梁

墩柱竖向设置在腹板正上方,形成自上而下连贯的荷载传递机制,既优化了结构受力模式,又有效防止顶板区域因集中荷载导致的剪切破坏风险。对共建区段桥梁立柱附近隧道局部顶板向上增加局部厚度,加大刚度,进一步分散桥墩传递的局部集中荷载。在立柱对应侧墙底,相应设置桩基础,底板局部向下加厚,以满足抗冲切及撑杆系杆体系验算。

除了依据计算结果优化受力构造,在结构构造上,合建体系需要解决几个沉降差的问题。新建的桥隧共建体与既有老桥之间的沉降差,既有老桥经过多年运营,沉降大部分已完成,新建隧桥共建部分会发生相对沉降,采用加增加桩长减少沉降;桥梁上部安装好后静置,尽多完成沉降后上部结构与既有桥梁连接;桥面铺装采用弹性混凝土等多种构造,减少沉降差及提高行车舒适性。

在桥梁荷载对地下结构的作用,在共建段边界设置柔性接缝,来缓解结构刚度突变引发的应力突变。基础工程采用承载力高的桩基系统,在确保地基稳定性的同时,通过精细化沉降控制技术,使河底段与陆域段沉降差保持在设计容许值内,确保接缝防水系统的完整,杜绝河水渗透的隐患。

5 方案实施

具体实施时,因现状桥下方均为桩基础,若地道采用暗挖桩基托换法实施难度大,用于本节点竞争力较弱,经沟通比选,在河道范围内采用围堰法阻水

后明挖法施工。

若河道范围内的地道一次性同时施工,地道基坑两侧围堰需在河道全断面设置,导致河道水流被截断。为保证本节点在施工期间河道畅通,考虑在河道中心沿河道纵向增设一道围堰,将河道范围内的地道结构及上部桥梁的拆除和新建分为两个阶段实施。

地道下穿河道段采用围堰法施工,一期施工北岸,二期施工南岸一侧。一期围堰采用双排钢板桩+内填粗砂支护挡水:用双排 12 m 长拉森钢板桩的围护形式,钢板桩之间粗砂回填,钢板桩之间土底做水泥土搅拌桩加固,两排围堰之间采用钢杆连接体系,见图 6。

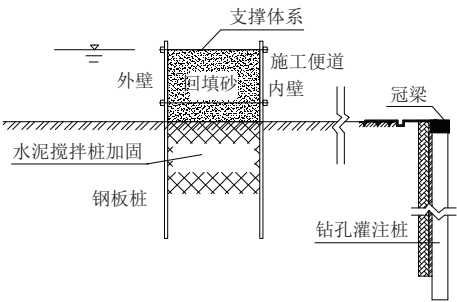


图6 围堰示意图

二期施工时,在一期已完成的地道上方无法保证钢板桩的嵌入深度时采用土石坝围堰。

6 结 语

本项目为既有桥梁下方建设水下隧道,保通要求高,周边无过多空间供隧道绕行等条件下,采用桥隧共建模式能显著提升空间利用效率,实现跨河交通、河道行洪与水下地道交通三功能集成,有一定的

应用场景,尤其在市政桥梁建设较早,水系较发达地区的类似工程有较强参考意义。

参考文献:

[1] 汪乐,王涛,宋磊.地铁明挖车站-市政桥梁合建结构的关键技术研究[J].隧道建设(中英文),2018,38(12):2006-2012.

[2] 李涛.城市高架桥梁与地下车站合建的结构形式探讨[J].建筑结构,2023,53(增刊1):232-237.

[3] 熊正元,杨春山.隧道与桥梁共建桩基布置及方案优化[J].公路,2019,64(2):137-142.

[4] 刘齐霞.城市道路桥梁与地铁车辆段盖板合建结构体系变形控制分析[J].广州建筑,2021,49(4):27-33.

[5] 张磊.盾构隧道施工影响下邻近桥梁桩基变形特性研究[J].中国水运,2025(15):150-153.

[6] 滕方勇,丁守运,宋京.基于三维有限元模拟的隧道下穿立交桥桩基及墩台变形影响与安全性分析[J].交通节能与环保,2025,21(4):24-28.

[7] 姚晨晨.地铁近距离交叠隧道下穿既有桥梁桩基设计与分析[J].水利与建筑工程学报,2019,17(1):201-204.

[8] 王利民,董曦.地铁站主体暗挖段下穿城市主干道桥梁综合施工技术[J].建筑技术,2012,43(10):903-906.

[9] 李凌宜,赵明.山地城市暗挖隧道近距离下穿桥梁施工技术研究与应用[J].施工技术,2021,50(5):123-127.

[10] 徐前卫,朱合华,马险峰,等.地铁盾构隧道穿越桥梁下方群桩基础的托换与除桩技术研究[J].岩土工程学报,2012(7):1217-1226.

[11] 杨正华.地铁隧道下穿异型连续梁桩基托换设计[J].铁道标准设计,2018(6):104-109.

[12] 潘婷,王健,杨广武.新建隧道穿越既有桥梁桩基时的主动预支护技术[J].北京建筑工程学院学报,2012(9):10-13.

[13] 王岩松.地铁穿越既有桥梁托换桩基承载特性研究[D].兰州:兰州交通大学,2016.

[14] 杨正华.地铁隧道下穿异型连续梁桩基托换设计[J].铁道标准设计,2018,62(6):104-109.

[15] 祝春生.明挖隧道下穿既有桥梁桩基托换施工技术[J].铁道建筑技术,2013(7):78-81.