

复杂条件下复合通道节点桥梁多方案比选研究

陈小乐

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘要: 以广佛新干线复合通道项目为背景,介绍了复杂条件下复合通道桥梁节点在设计阶段的3种方案;结合用地范围、景观影响、施工难易、工程造价、社会影响等制约因素,对3种方案进行了对比;针对双层桥中的旧桥是否利用问题,利用有限元软件,对原有桥梁上、下部结构在正常使用状态和承载能力极限状态下的受力进行计算,分析了各个方案的可行性;另外还总结了双层桥节点方案设计过程中的重点,展现了桥梁总体设计思路,为今后相应工程提供了经验和参考。

关键词: 复合通道;双层桥;工程方案;旧桥验算

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)06-0145-06

Comparative Study on Multiple Schemes for Bridges with Composite Channel Joints under Complex Conditions

CHEN Xiaole

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Taking the Guangzhou-Foshan New Highway Composite Channel Project as the background, three schemes in the design stage of composite channel bridge joints under the complex conditions are introduced. Combined with the constraints such as scope of land use, landscape impact, construction difficulty, engineering cost and social impact, the three schemes are compared. For the problem of whether the old bridge is used in the double-deck bridge, the finite element software is used to calculate the stress of the original bridge superstructure and substructure under the normal service state and the ultimate limit state of bearing capacity. The feasibility of each scheme is analyzed. In addition, the key points in the design process of double-deck bridge joint scheme are summarized, and the overall design ideas of the bridge are explained, which provides the experience and reference for the other engineering projects in the future.

Keywords: composite channel; double-deck bridge; engineering scheme; checking of old bridge

0 引言

随着我国城市化进程的不断推进,机动化水平逐渐增长,现有城市交通规模已难以适应日渐增长的交通需求。国内部分区域逐渐形成了以超大型城市为中心、辐射周边城市的布局,推进与周边城市的同城化建设,建设一体化交通网络。各大城市积极开展城市间复合通道的规划与建设工作,完善高速公路路网,形成以城际轨道交通为骨架、高快速路为支撑、交界区市政道路为补充的一体化交通线网^[1]。

然而,城市桥梁建设规模越来越大,城市建成区交通繁忙,建筑林立,红线紧张。复合通道的建设与现状跨线桥梁之间的关系,受制于用地红线、交通导

改、工程造价、社会影响等诸多因素。本文以广东省佛山市广佛新干线及西延复合通道项目为背景,针对新建复合通道与2座现状跨线桥(桂和路跨线桥、盐步大道跨线桥)之间的关系,以桂和路跨线桥处双层桥为例,进行了桥梁多方案比选研究,通过计算和分析,总结相关设计经验,希望为今后类似工程设计提供参考。

1 工程概况

1.1 项目背景

广佛新干线复合通道项目起点位于大沥镇广佛放射线与广州环城高速相交的黄岐互通西侧1.4 km处,终点位于广昆高速与西二环高速相交的横江互通立交。从东往西沿广佛新干线、虹岭路、兴业路、规划博爱路敷设,路线全长约33 km。复合通道分为高速公路和快速路两部分,其中高速公路工程是广

收稿日期: 2024-08-14

作者简介: 陈小乐(1993—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

东省高速公路网规划(2020—2035年)“第13射”和“第47联”,是广东省高速公路网规划中的加密联络线,其东起广州环城高速、西接广昆高速,是广佛乃至大湾区西向的重要通道;快速路工程主要沿现状广佛新干线敷设,是广州与佛山东西向联系的重要通道。根据本项目的总体走向,广佛新干线沿线多为城镇(村庄)、小区、工业区、现状道路、横向道路和一些在建工程项目,同时现状广佛新干线埋设的各种管线较多且复杂。

该项目新建上层高速公路桥梁,高速桥梁为双向6车道布置;下层快速路充分利用现状广佛新干线敷设,沿线需跨越盐步大道、联河路和桂和路等现状路口,其中盐步大道和桂和路路口存在现状跨线桥。该节点位于城市建成区,现状交通繁忙,两侧住宅林立,与高档住宅、加油站等设施距离近,建设条件复杂。总体方案平面图见图1。如何处理复合通道中新建高速路桥梁与现状快速路桥梁的关系,是本项目设计的重点和难点。

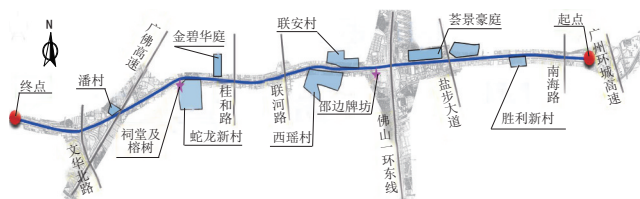


图1 总体方案平面图

1.2 快速路跨线桥现状资料

根据现状跨线桥2006年的竣工图纸,现状桂和路、盐步大道跨线桥为分幅结构,桥梁全宽27 m,单幅桥断面布置为0.5 m+12 m+1 m=13.5 m。2座跨线桥长度分别为296、256 m。上部结构主桥采用跨径28 m+40 m+28 m的预应力混凝土现浇大箱梁结构,引桥采用跨径20~22 m的预应力混凝土简支空心板。下部结构主桥采用薄壁式桥墩,引桥和过渡墩均采用双柱式桥墩,钢筋混凝土盖梁,桩基采用钻孔灌注桩。根据检测报告,现状跨线桥状况良好。现状跨线桥主桥断面图、引桥横断面图见图2、图3。

1.3 建设条件分析

(1)项目紧邻高档小区与祠堂。2座现状跨线桥北侧有金碧华庭、御景名门等高档小区,紧邻辅路;桂和路跨线桥南侧紧邻叶氏宗祠,祠堂与辅路边缘最近处仅相距10 m。

(2)项目沿线住宅与厂房多,征拆难度大。

(3)穿越城市建成区,现状交通繁忙,交通导改难度大。

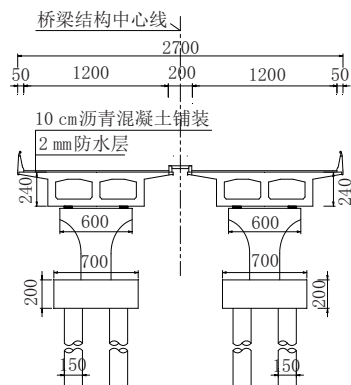


图2 现状跨线桥主桥断面图(单位:cm)

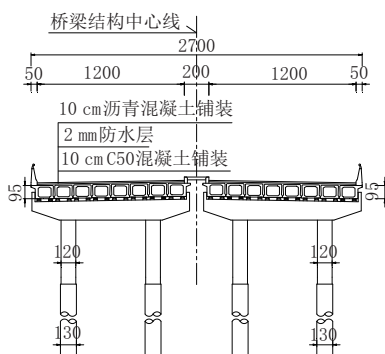


图3 现状跨线桥引桥断面图(单位:cm)

(4)项目位于城区,景观要求高。

2 方案设计

2.1 设计原则

根据以上建设条件,为该项目复合通道的桥梁设计制定以下原则:

(1)节约用地,减少征拆。高速公路桥梁的桥墩要尽量远离周边小区。

(2)充分考虑下层现状跨线桥的年检状况、承载能力,如改造利用下层跨线桥,确保改造后结构安全、可靠。

(3)需考虑施工阶段的交通导改,尽可能降低对现状交通的影响。

(4)景观良好,造价合理,经济实用。

2.2 分幅布置与分层布置的比选

基于已运营的现状快速路跨线桥,在高速路桥梁的设计方案中可采用分幅和分层布置方案。

分幅布置方案,即高、快速路桥梁平面投影分开布置,高速路桥梁整体布置在快速路桥梁单侧或分别布置在快速路桥梁两侧。本项目由于北侧高档小区与南侧叶氏宗祠的限制,分幅布置方案将面临征拆困难的问题,实施难度大,不予推荐。

分层布置方案,即高速桥梁位于快速路桥梁投影面上方。双层高架桥梁是城市立交中常见的桥梁

形式之一。该项目高速路纵断面不受限,与快速路桥梁之间有足够净空,因此,为节约用地,高速路桥梁与现状快速路桥梁采用分层布置方案。

现状跨线桥 2 幅桥内侧护栏相连接,上层高速桥墩无落墩空间。通过对现状桥梁的拆改或上层桥梁采用大门架形式,使得高速桥梁桥墩获得了布置空间。现状桥梁完成拆改后,2 幅桥中分带之间有 3 m 空间,可考虑 3 拱肋中承钢管拱桥方案,尽可能减少用地,利用已有落墩空间,将高速桥梁布置于现状桥梁上层。但现状 2 座跨线桥合计长度达 562 m,钢管拱桥方案造价偏高,且在长达约 7 km 的连续高架中,2 座拱桥的设置使得全线景观效果略差。因此在前期讨论分析后,不再考虑拱桥方案,上部结构推荐较为常规的梁桥方案。据此提出 3 个方案进行多方面对比,以得到适合该工程的建设方案。

- (1) 方案一:拆除南幅桥再新建。
- (2) 方案二:南幅桥局部改造。
- (3) 方案三:高速桥梁大门架。

常规的双层桥梁一般为共同建设,上、下 2 层桥梁合并建造,下部结构可以共用桥墩。方案一与方案三尽量利用现状桥,现状桥下部结构不足以承受上层桥荷载,2 层桥上、下部独立设计。方案二局部改造时南幅桥可考虑与高速共用桥墩。

2.3 方案一:拆除南幅桥再新建方案

方案一综合考虑用地范围、线形指标、施工难度等因素,以上层高速桥梁远离北侧居民区的原则,将下层现状跨线桥的南幅桥拆除,向南平移 2 m 后重建。重建的快速路桥梁跨径与旧桥一致,跨路口采用与原跨径一致的连续组合梁,引桥不再使用空心板,改用简支小箱梁。上层新建高速桥梁为整幅形式,桥宽 33 m,主桥采用连续组合梁,引桥采用简支小箱梁;下部结构采用大挑臂的预应力混凝土双柱盖梁,北侧立柱位于下层 2 幅桥之间。方案一双层桥节点断面图见图 4。

2.3.1 南幅旧桥拆除方案

南幅旧桥在跨路口位置采用跨径 28 m+40 m+28 m 的现浇预应力混凝土连续箱梁、花瓶墩;引桥采用跨径 20/22 m 的预制预应力混凝土空心板、柱式墩、板式桥台。主要拆除工作包括:桥面系、上部结构、桥墩、主桥承台。

桥位周边居民区密集,拆除方案严禁采用爆破或直接凿除等粗放方式。考虑到桥下交通繁忙,旧桥拆除期间不应长时间中断交通。推荐采用 SPMT

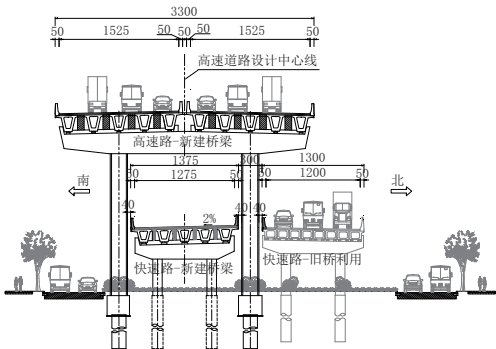


图 4 方案一拆除南幅再新建南幅方案断面图(单位:cm)

工艺(大节段拆除)。拆除流程为:准备工作→防撞栏、桥面铺装层、伸缩缝等附属拆除→引桥空心板拆除→拆除引桥桥墩→修建基础、搭设支架→夜间封锁交通,SPMT 模块车就位,切割主桥中跨→SPMT 模块车支撑回顶、运梁→切割边跨,SPMT 模块车支撑回顶、运梁→拆除主桥桥墩、承台→清理现场。

2.3.2 新建主桥典型结构计算

新建南幅主桥上部结构采用 28 m+40 m+28 m 连续组合梁方案。上部结构钢混组合梁采用单箱双室断面,桥面宽度 13.45 m,中支点墩顶梁高 2.475 m,跨中和边支点墩顶梁高 1.775 m,边墩支点梁高与小箱梁梁高接顺,混凝土桥面板厚 30 cm。

结构尺寸:钢梁顶板宽度为 600 mm,厚度采用 25、30 mm 2 种;腹板厚度采用 14、16 mm 2 种;底板厚度采用 20、25、30 mm 3 种。梁高 1.4~2.1 m,按 2 次抛物线变化,变化段长 18 m;桥面板厚 30 cm。

采用 MIDAS Civil 有限元计算软件,建立梁格空间模型进行分析计算,计算模型见图 5。

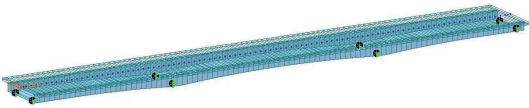


图 5 方案一连续组合梁空间计算模型

计算结果见表 1。由表 1 可知,新建主桥上部结构设计满足规范要求。

表 1 方案一连续组合梁计算结果

项目	计算值	规范允许值	是否满足规范
基本组合钢梁上缘应力/ MPa	172	270	满足
基本组合钢梁下缘应力/ MPa	-125.1(压)	-270(压)	满足
活载竖向挠度/mm	5.9	66.7	满足

2.3.3 方案一特点

方案一新建高速桥梁远离北侧居民区,景观效果好,施工难度适中。上层高速桥梁整幅通过,线形指标好。桥梁方案上少养护,耐久性好。缺点是需

要拆除半幅现状桥,造价相对较高,且社会稳定性差,易产生不良影响。

2.4 方案二:南幅桥局部改造方案

在方案一的基础上进一步构思,如何在保持上层高速路桥梁线形和方案不变的基础上,尽可能减小拆除旧桥带来的不良社会影响。方案二提出对下层现状南幅跨线桥进行局部改造,利用或加固下部结构,主桥28 m+40 m+28 m现浇连续梁采用平移、顶升方案,整体向南侧平移;引桥根据计算情况拆除空心板后往南侧平移重建。在高速南侧桥墩上需设牛腿来支撑引桥拼宽的上部结构,双层桥之间实现下部共体。

2.4.1 主桥平移、顶升

将主桥上部结构整体向南侧平移1.758 m,顶升后拆除主桥桥墩,再新建桥墩。平移以后下层快速路2幅桥之间可留出2.758 m的空间,用于设置高速路桥墩。节点横断面示意图见图6。

平移、顶升方法的主要步骤为:施工新增的桩基承台→施工框架梁柱支撑结构→安装千斤顶、滑道钢板等设备→平移上部结构→上部结构顶升→拆除并新建立柱→拆除框架梁柱体系及千斤顶等设备→桥梁下落→恢复原样^[2-3]。

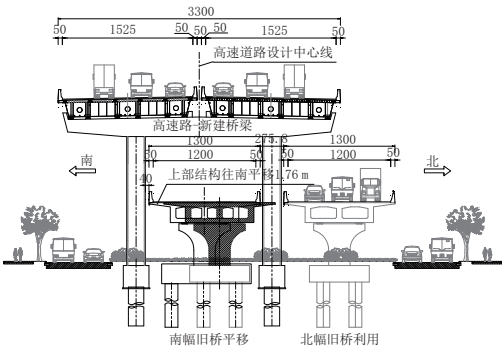


图6 方案二主桥平移、顶升断面图(单位:cm)

2.4.2 引桥上部结构验算

将南幅空心板从东往西依次按1#、2#、…、8#顺序编号。上部空心板采用桥梁博士软件计算,表2列出了2#板、3#板、8#板、拼宽新板的计算结果。

由表2可知,拆桥拼宽后,在现行规范荷载作用下,不计整体化层,2#、3#、8#板的应力和抗弯承载力不满足现行规范要求;即使考虑全部整体化层,8#板抗弯承载力也不满足现行规范要求。1#、2#、8#这3片板分散在中心线两侧,局部拆除无法满足车道保通要求,故上部结构需拆除南幅引桥全部8片空心板,再南移新建。高速路桥墩需设置牛腿结构,用于

表2 空心板计算结果

空心板刚度考虑 整体化层厚度/cm	板件 编号	应力值/ MPa	抗弯承载力 抗力系数	抗剪承载力 抗力系数
0	2#	15.91	0.953	1.386
5		12.85	1.015	1.441
0	3#	16.09	0.944	1.376
5		12.84	1.015	1.444
10		11.29	1.027	1.456
0	8#	14.7	0.911	1.326
5		11.9	0.961	1.392
10		10.62	0.974	1.401
0	拼宽 新板	15.43	1.081	2.395

支撑拼宽的空心板。方案二横断面图见图7。

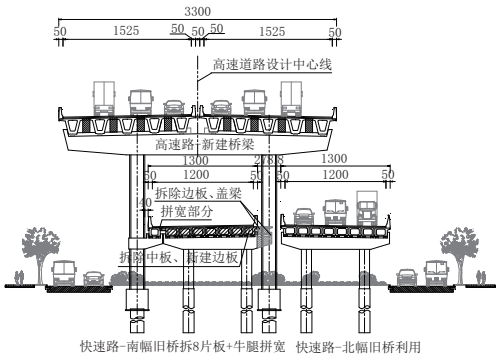


图7 方案二南幅桥引桥空心板局部改造横断面图(单位:cm)

2.4.3 引桥下部结构验算

考虑到项目位于地震Ⅶ度区,局部改造方案中旧桥利用的下部结构需进行抗震验算^[5]。用MIDAS Civil软件建立抗震计算模型,有限元模型见图8,计算结果见表3。

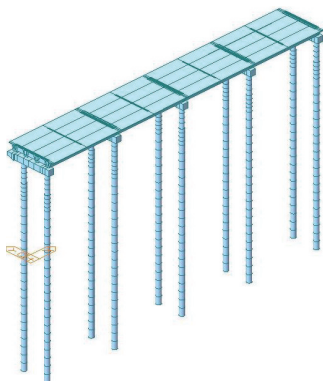


图8 旧桥桥墩与桩基动力计算有限元模型

表3 旧桥桥墩与桩基动力计算结果

计算部位	裂缝 (E1地震作用下)/mm	强度/地震力 (E2地震作用下)
桥墩	0.088	0.90
桩基	无裂缝	1.24

由以上计算可知,E1地震作用下,桥墩最大裂缝为0.088 mm,桩基无裂缝,均满足规范要求;E2地震

作用下,桩基承载力安全系数为 1.24,满足规范要求,而桥墩的承载力安全系数为 0.90,此时其屈服弯矩为 1 683 kN·m,屈服弯矩小于计算得到的最大弯矩,E2 地震作用下桥墩验算不通过。因此在局部改造方案中,旧桥桥墩需进行加固。

2.4.4 新、旧桥拼接

新、旧桥之间的挑臂拼缝连接分临时拼接和永久拼接 2 个阶段。临时拼接用于快速路保通阶段。拼宽新板较窄,在施工防撞护栏前须先施工临时拼缝,防止上部结构发生倾覆。临时拼缝中安装海绵体,上设钢盖板,每隔 30 cm 设定位铁钉,钉入海绵体。待高速路桥梁荷载施加完成、下部结构压缩沉降稳定后采用永久拼接。永久拼接需增加接缝厚度,为了减小车辆振动对接缝的影响,永久拼接缝中需加入高扰动混凝土^[4]。

2.4.5 方案二特点

方案二减少了旧桥拆除工程量,降低了社会不良影响,节约了造价。但须考虑到新旧桥拼缝不均匀沉降问题,运营期间可能出现铺装损害。另外,主桥平移顶升技术难度大,引桥改造部分旧桥上部结构需拆除重建,桥墩需加固。高速桥墩位于下层 2 幅桥之间,桩基施工时若出现塌孔情况,会影响现有桩基土层对桩身的摩擦效率,降低桩基承载力,甚至会引起跨线桥的下沉,影响桥梁结构安全使用。

2.5 方案三:高速桥梁大门架方案

方案三从保留下层现状跨线桥的角度出发,新建上层高速桥梁采用整幅式断面,用大门架墩横向跨越现状跨线桥。大门架横向跨径约为 31 m,若采用预应力混凝土盖梁,则盖梁高度较高,混凝土体量大,不仅施工难度大,而且景观性较差。因此引桥段上部结构使用简支小箱梁,下部结构采用钢盖梁;主桥段上部结构采用连续组合梁,横向用钢横梁的方式跨越现状桥。方案三主桥、引桥横断面图见图 9、图 10。

方案三保留了旧桥,高速北侧桥墩侵占辅道。景观上,钢盖梁由挠度控制设计,盖梁较高,景观性较差。从施工和耐久性角度考虑,立柱结合段空间小、构造复杂、受力大,施工质量难以保证,安全风险高;钢盖梁需定期养护,且其活载变形大,桥面系易开裂。从造价角度分析,双层桥节点高速桥梁若采用钢盖梁,则经济性较差。

2.6 方案对比

以双层桥节点附近影响范围约 600 m 进行测算,

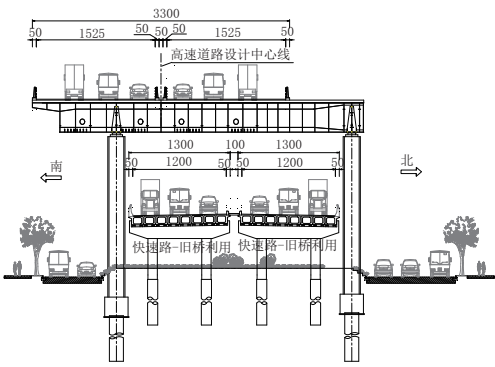


图 9 方案三主桥断面图(单位:cm)

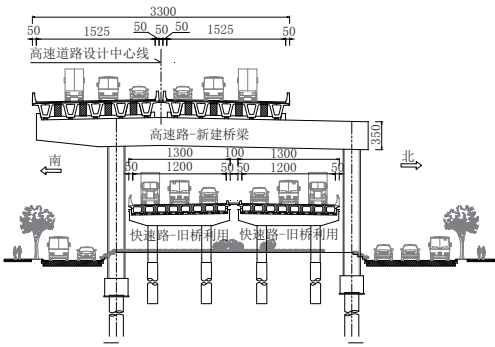


图 10 方案三引桥断面图(单位:cm)

复合通道节点方案对比见表 4。

表 4 复合通道节点方案汇总比选表

比较项目	方案一	方案二	方案三
对现状跨线桥影响	拆半幅再重建	局部改造	保留
对北侧小区影响	小	小	大
对南侧祠堂影响	小	小	小
高速线形	最好	好	好
景观	好	差	较差
施工难度	适中	难	难
耐久性	好	差	较差
工程造价/亿元	3.67	2.93	4.29
推荐情况	推荐	比较	

综合对比上述 3 个方案,方案三可保留现状桥,但是需采用钢盖梁,造价最高,且钢盖梁需定期养护,活载变形大导致桥面系易开裂,施工难度大,景观较差;方案二造价最低,主桥平移、空心板拆除重建、桥墩加固等措施施工较复杂,上层高速路的桥墩施工质量要求高;方案一造价适中,需拆除半幅桥后再新建,社会影响大,但在线形指标、景观、耐久性等方面具有明显优势。

该项目复合通道在设计阶段,推荐采用方案一,通过合理的施工组织来解决拆除半幅桥带来的交通问题并降低社会影响,有效解决了复合通道节点桥梁的布置问题。当项目造价受限,且需尽量多利用现状桥梁的情况下,方案二也是较合理的选择,通过局部改造,用较低的造价完成复合通道建设,因此方

案二可作为项目的比选方案。

3 结 语

(1)桥梁设计工作除了单体结构的计算分析外,总体设计尤为重要。在方案阶段,要结合建设条件进行分析,提出多种方案,在经过计算分析、方案对比与论证后得到最优的方案,有利于整个项目的顺利推进。

(2)双层桥节点的桥梁设计应首先考虑旧桥的利用和拆除问题。可通过年检资料、搜集荷载试验数据来进行判断,也可根据竣工图资料进行初步检算。

(3)复合通道的双层桥节点桥梁设计需要综合考虑制约因素。本文重点考虑的制约因素为用地红线、景观影响、施工便捷性、耐久性、交通组织和影响、工程造价和社会影响等。各个方案的侧重点不同,应结合项目建设的实际需求,权衡每个制约因素的占比关系,得到最合适的方案。

(4)在旧桥的检算过程中发现,一些竣工年代较久的桥梁在新规范下的检算很难通过,规范中活载

的取值变化对现状旧桥的影响大。对比竣工图可知,旧桥的配束配筋富余度较小。由此,在遇到旧桥涵检算时,如需改造或者拼宽利用,须使得旧桥涵满足现有规范的各项规定。如有运梁车等特殊荷载需求的,还需检算旧桥涵在特载作用下的承载能力状况。

(5)本文仅针对广佛新干线复合通道双层桥节点进行分析,实际还会遇到桥梁与地铁相交、桥梁桩基与重要构筑物碰撞等制约因素,具体情况应具体对待。应通过项目统筹分析,做出确保安全、经济、合理且可实施的桥梁总体方案。

参考文献:

- [1] 鲍燕青.城市快速路与现状跨线桥关系处理方案设计——以宁波北环东延镇骆路跨线桥为例[J].上海公路,2020(2):13-17;127.
- [2] 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):191-192;195.
- [3] 袁放.既有线上跨桥梁同步顶升与平移技术研究[D].成都:华东交通大学,2011.
- [4] 赵备.桥梁拼宽设计施工关键技术研究[D].石家庄:石家庄铁道大学,2019.
- [5] 栾旭光.基于MIDAS桥梁墩柱抗震验算分析[J].城市道桥与防洪,2020(6):76-78.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:roadbridgeflood@163.com

