

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqyfh.260185

公路桥梁拼宽结构设计和分析

黄巍峰

[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: 为了解决交通拥堵问题,对既有道路桥梁进行拼宽是一种较为经济、高效的改造方式。以S32公路拓宽改建项目为研究背景,对新老桥拼宽的结构连接形式和拼缝形式进行了对比分析。根据分析结果,针对S32公路现状桥梁的特点,对主线简支梁、匝道连续梁分别选用了适宜的拼宽结构和连接方式;对其中的跨高速铁路拼宽节点则进行特殊设计,通过控制新老桥位移差、采用新型桥面拼缝,可以确保行车舒适性和结构安全;另外,下部结构设计选用预制拼装工艺,实现了设计标准化、预制工厂化和施工装配化。

关键词: 桥梁拼宽;结构连接;拼缝;沉降

中图分类号: U445.6

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)09-0228-04

Design and Analysis of Highway Bridge Widening Structures

HUANG Weifeng

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

Abstract: To alleviate traffic congestion, widening existing road bridges is a relatively economical and efficient renovation method. Taking the S32 Highway Widening and Reconstruction Project as the research background, the structural connection forms and joint types for widening new and old bridges are compared and studied. Based on the analysis results, aiming at the characteristics of the existing bridges on S32 Highway, the appropriate widening structures and connection methods are selected for the mainline simple-supported beams and ramp continuous beams. In addition, special design is carried out for the widening node across the high-speed railway. By controlling the displacement difference between the new and old bridges and adopting new-type bridge deck joints, the driving comfort and structural safety can be ensured. The prefabricated assembly process is selected for the design of substructure to achieve the standardized design, factory manufacturing and assembled construction.

Keywords: bridge widening; structural connection; joint; settlement

0 引言

为了解决交通拥堵问题,近几十年来,我国各地相继修建了大量的高架、立交,力求形成立体交通网络,让城市交通从平面拥堵走向立体畅达。

但随着城镇化进程进一步加速,汽车保有量激增,既有道路和桥梁通行能力逐渐无法满足当前交通流量,导致常态化拥堵。对既有道路桥梁进行拼宽可增加车道数量,提高路网通行能力,疏解交通拥堵,是一种较为经济、高效的改造方式。

1 工程概况

S32申嘉湖高速公路是上海市“一环、十三射、一纵、一横”高速干线中的“一横”,西与申嘉湖高速公

路浙江段(S12)对接,向东经闵浦大桥过黄浦江,东至上海浦东国际机场,是1条连接浙江和浦东机场的交通大动脉,全长约83.4 km^[1](见图1)。



图1 S32公路线位

S32公路设计荷载等级为公路-I级,双向6车道规模。主线主要采用简支空心板和T梁结构。沿线设有G15立交、松卫立交等多个立交,其匝道主要采用连续大箱梁结构。为支撑沿线重点区域发展,该工程对流量增长较快、服务水平下降明显的松江新

收稿日期: 2026-02-26

作者简介: 黄巍峰(1980—),男,学士,高级工程师,从事桥梁设计工作。

城段约13.8 km主线高架及立交进行改扩建,实现双向8车道规模。

2 设计原则

拼桥结构选型应尽可能采用与现状桥梁相同的结构形式,并保证跨径一致,使新老桥梁受力变形协调,景观和谐统一;拼缝选择应综合考虑结构受力、行车安全、造价等关键因素,并兼顾耐久性和施工、养护便捷性^[2]。

施工工艺采用预制拼装,以减少对老桥及现状交通的影响,有效控制建设成本,追求项目全生命周期价值最优化。

3 拼宽设计

3.1 新老结构拼接形式比选

桥梁新老结构拼接形式主要有3种,特点如下:

(1)上下部结构之间均不连结。该形式的优点是拼宽桥梁与原桥各自受力明确、互不影响,施工简便。但在车辆荷载作用下,新老结构存在挠度差;同时由于旧桥的土体固结趋于稳定,新桥的新增荷载会使土体二次固结,从而引起新旧桥梁之间产生较大的沉降差。因此可能导致拼接部位铺装或拼缝处受损,进而引发纵向裂缝及横向错台等病害。这不仅会降低行车舒适度与安全性,影响桥面美观,还将显著增加后期运维养护的工作量和成本,因此需对拼缝位置进行特殊设计^[3]。

(2)上下部结构均连接。该形式的优势在于实现了新老桥的刚性连接,确保了桥梁整体的共同工作性能。但拼桥较大的后期沉降将引发超静定结构中的次内力,对老桥产生显著的附加荷载效应,从而导致上下部结构连接处产生裂缝,对老桥结构带来损伤,为后期养护维修带来不便^[4]。此外现场施工需对下部结构进行植筋,工艺复杂,造价较高,施工周期长,效果一般。

(3)上部结构连接、下部结构不连接。该形式的优点是通过对桥面板实现上部结构的连接,既保障了行车的平顺性和安全性,又最大限度地减少了对下部结构的附加内力影响,使原桥结构基本维持原有的受力状态。此形式兼顾了结构性能和施工便捷的优点,后期养护工作量可控。但这种连接只适合新老桥跨径布置一致的拼桥。

S32公路拓宽改建工程为高速公路,车速快、流量大,首要考虑的因素是确保新老桥桥梁面连接平

顺,不发生错台,从而保障行车舒适性和安全性;同时还应兼顾减少施工和养护工作量,避免拼宽对老桥造成不利影响。综合比选以上3种拼接形式,优先选用上部结构连接、下部结构不连接的拼接形式。此外拼宽桥梁适当增加桩长并桩底压浆,以控制新老桥间的沉降差异。

对于部分条件受限,新老桥跨径无法对齐或拼宽结构与老桥结构形式不一致的位置,上部结构变形无法协调,可选用上下部结构之间均不连结的形式。

3.2 拼缝形式比选

针对部分上下部结构均不连接的拼宽位置,需在桥面铺装层内设置拼缝,以适应新老桥之间的变形。常见的拼缝形式有3种,特点如下:

(1)型钢缝。该类拼缝施工简单,造价较低,在城市桥梁拼宽中有应用先例。但型钢缝在新老桥差异沉降时易造成错台现象,在车速较快的高速公路中使用时存在较大的安全隐患。一旦引发交通事故,将造成恶劣的社会影响。

(2)弹性混凝土拼缝。该类拼缝在承受高频冲击荷载与振动时呈现弹性响应;在低频、慢速荷载作用下则发生塑性变形。当车辆驶过时,可完全消除由纵缝两侧位移不同带来的影响^[5]。但根据养护部门提供的数据,弹性混凝土耐久性较差,在车轮反复作用下易产生损坏。高速公路拼缝维修需封闭车道,对公路运营带来极大影响。反复维修也将带来造价以外的隐性支出。

(3)聚氨酯弹性拼缝。该类拼缝具备弹性混凝土的性能特点,能平滑过渡新老桥之间由于沉降和上部结构变形引起的高差,提供安全舒适的行车条件,避免交通事故。此外它具备极佳的耐久性,能避免在使用过程中反复维修带来的费用支出和交通影响。近年来,该类拼缝在桥梁拼宽工程中得到广泛应用,行车舒适度及耐久性能得到了验证。

经比选,对结构不连接部位,在铺装内设置聚氨酯弹性拼缝。

3.3 主线标准段拼宽结构设计

3.3.1 结构选型

S32公路主线高架上部结构主要采用简支铰接空心板,拼桥上部结构宜采用与老桥相同的板梁结构。然而,随着交通量的持续增长及重载、超载车辆日益增多,传统铰接空心板梁的弊端逐渐凸显。其中以铰缝损坏引发的单板受力问题最为突出,严重

威胁着桥梁的运营安全与寿命。鉴于此,铰接空心板结构目前已逐步被限制应用于高等级公路及城市道路中^[6]。

因此,主线标准段拼宽桥梁采用改良后的刚接空心板,通过湿接头的刚性连接,切断了传统铰缝破坏的传导路径,从而在根源上杜绝了由此引发的各类板梁病害。刚接空心板断面与铰接空心板断面接近,跨径对齐,可保证新老结构变形协调(见图2)。



图2 主线空心板拼宽断面

3.3.2 连接设计

新老桥采用上部结构连接的形式。拆除老桥护栏后,凿除部分空心板挑臂,保留挑臂钢筋。待拼桥板梁吊装就位后,将挑臂预埋钢筋与老桥挑臂钢筋焊接连接(见图3)。

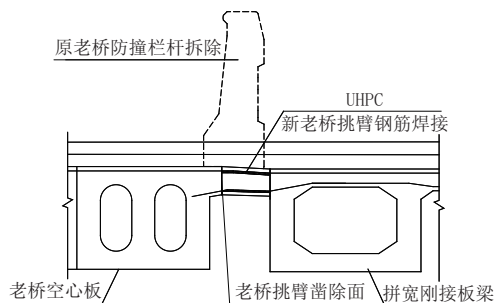


图3 新老桥空心板连接大样图

由于S32公路无法断交施工,车辆行驶产生振动,对新老桥连接处混凝土施工质量将产生不利影响。因此在连接位置选用超高性能混凝土UHPC,利用其初凝快、强度高的优点,选择夜间车流较少时,局部封闭车道快速施工^[7];同时采取有效措施控制接缝处新老桥梁体的相对振动和位移,以确保拼接质量。

3.3.3 拼宽老桥影响

拼宽后,车道布置重新分布,新增结构与原结构协同受力,对原结构有卸载作用^[8]。拼宽前后空心板的横向分布系数见图4、图5。

计算结果显示,边板横向分布系数拼宽前为0.313,拼宽后为0.247;中板横向分布系数拼宽前为0.21,拼宽后为0.208。由此可见,拼宽不会对老桥结

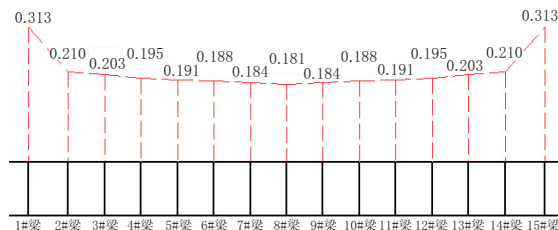


图4 拼宽前老桥横向分布系数

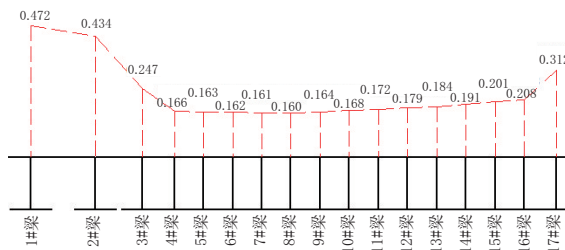


图5 拼宽后桥梁横向分布系数

构带来不利影响。

3.4 立交匝道拼宽结构设计

S32公路立交匝道上部结构主要采用22 m跨径以内的钢筋混凝土连续梁。拼宽桥梁采用同跨径的钢筋混凝土连续梁。

由于老桥挑臂设计时仅考虑根部承受负弯矩,下缘按构造配筋,若将新老桥挑臂连接,则老桥挑臂下缘将承受正弯矩,原有配筋无法满足受力要求^[9]。此外经计算,连接后的双箱断面在车辆偏载作用下将发生支座脱空。因此匝道拼宽桥梁与老桥上部结构不连接(见图6)。



图6 匝道钢筋混凝土箱梁拼宽断面

匝道拼宽多位于小半径曲线梁处,且加拼宽度仅2.5 m,横向支座间距无法拉开,结构倾覆风险较大,故采用墩梁固结的形式。而匝道老桥拆除拼宽侧的防撞护栏后,其抗倾覆计算也无法满足要求,尚需对老桥立柱增设钢盖梁和辅助支座^[10](见图7),以满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)抗倾覆验算要求。

3.5 跨沪杭铁路拼宽结构设计

S32公路跨沪杭客专高速铁路段,现状桥梁采用2幅32.5 m+45.0 m+32.5 m预应力混凝土连续梁结

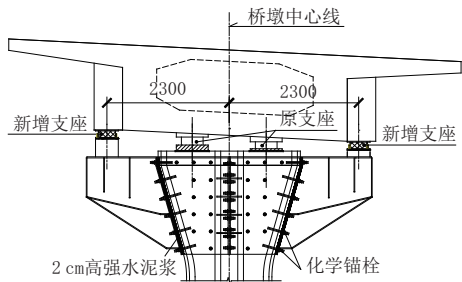


图 7 钢盖梁构造图(单位:mm)

构,单幅桥宽 16.38 m。由于桥梁与铁路斜交角度较大,老桥左右幅桥墩错开布置;另外,由于 S32 公路老桥施工先于铁路,后期部分铁路路基覆盖于桥梁承台上方,如图 8 所示。



图 8 S32 公路跨沪杭客专铁路现状

主线桥外侧还有辅道桥跨越铁路,因此该节点拼宽利用 2 幅主线桥之间 5.6 m 的位置(见图 9、图 10)。为降低结构高度、保证桥下铁路净空要求,拼桥采用钢结构连续梁,跨径 46 m+53 m+46 m,桥墩需完全跨越铁路路基。

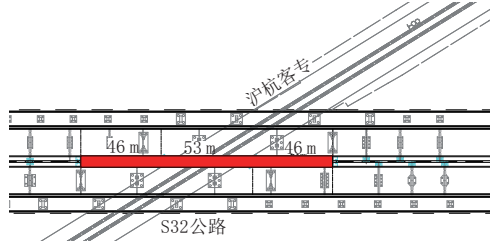


图 9 S32 公路跨沪杭客专铁路拼宽平面(单位:m)

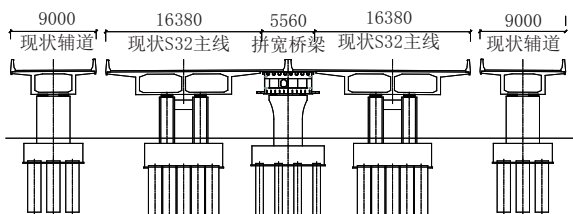


图 10 S32 公路跨沪杭客专铁路拼宽横断面(单位:mm)

该节点新老桥结构均为连续梁,但跨径错开、材质不同,结构变形无法协调,因此上部结构之间不连接。

拼缝位于内侧车道下,极易受到车轮碾压。为减小新老桥变形差导致的桥面错台,对拼宽的钢结构连续梁进行特殊设计,增加板厚和截面刚度。利用有限元分析软件 MIDAS/Civil 进行建模分析,可将

活载下跨中竖向位移控制在 6.3 mm 以内(见图 11)。叠加老桥对应位置的位移 4 mm,新老桥竖向位移差为 10.3 mm。

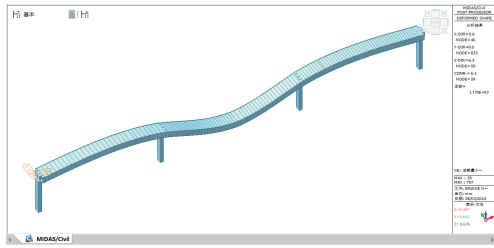


图 11 拼宽桥梁连续梁竖向位移

在铺装内设置聚氨酯弹性拼缝,可适应新老桥变形,保障行车舒适性和安全性。

3.6 下部结构

主线拼桥下部结构采用与老桥形式一致的独柱式盖梁。传统采用现场浇筑法施工,需搭设模板支架,施工工期长,对地面交通和环境影响大。随着工业化发展,机械设备、施工精度、运输、吊装能力得到大力提升。近年来,下部结构墩柱盖梁的预制拼装得以推广应用。

为降低拼宽施工对 S32 公路高架和地面交通的影响,提升施工效率和工程质量,下部架构采用灌浆套筒连接形式。即盖梁、立柱底分别预埋灌浆套筒,承台顶及立柱顶伸出钢筋,立柱套入承台钢筋、盖梁套入承台钢筋完成连接^[11]。拼装构件间设置厚 2 cm 高强砂浆垫层调平并连接,构件就位后进行套筒灌浆(见图 12)。



图 12 桥墩灌浆套筒连接施工

拼桥桩基础选择压缩性小的土层作为持力层,适当增加桩长并桩底压浆,使桩基承载力适当富余,以控制新老桥的沉降差异。同时对上部结构连接的拼宽位置,要求拼桥施工结束一段时间后,待沉降稳定方可进行连接。

4 结 语

(1)以 S32 公路拓宽改建项目为研究背景,针对
(下转第 247 页)