

# 简支梁桥新型桥面连续构造设计与应用

李 闯,茅兆祥,余茂峰

(浙江数智交院科技股份有限公司,浙江 杭州 310030)

**摘 要:** 针对目前简支梁桥桥面连续构造病害多发的现状,在综合分析传统桥面连续构造的受力模式和破坏机理后,发现造成桥面连续构造病害的内在因素是各种外力的共同作用使得桥面连续构造受力复杂,易造成应力集中;外在因素则是设计的缺陷和计算分析的不全面,使其构造和配筋随意性较大。为了解决以上问题,提出了一种构造和受力均简单明确的桥面连续构造创新设计。该设计可使新型桥面连续构造受力简单明确,构造尺寸和配筋设计有的放矢,克服传统桥面连续结构受力复杂、计算分析不清、构造和配筋随意性大、耐久性差、病害多发的缺陷,从而为简支梁桥面连续结构的设计和应用提供新的参考。

**关键词:** 简支梁桥;桥面连续;受力形式;破坏机理;设计 and 应用

**中图分类号:** U443.3;TU997

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-7716(2026)03-0182-04

## Design and Application of New Continuous Bridge Deck Structure for Simple-Supported Beam Bridge

LI Chuang, MAO Zhaoxiang, YU Maofeng

(Zhejiang Institute of Communications Co., Ltd., Hangzhou 310030, China)

**Abstract:** In response to the frequent occurrence of disease in continuous bridge deck structures of simple-supported beam bridges, after the comprehensive analysis on the force mode and failure mechanism of traditional continuous deck structures, it is found that the internal factor causing the disease of the continuous structure of the bridge deck is the combined effect of various external forces, which makes the force on the continuous structure of the bridge deck complex and prone to stress concentration. The external factors are the design flaws and incomplete calculation and analysis, which make the structures and reinforcement rather arbitrary. To solve the above problems, an innovative design of continuous bridge deck structure with simple and clear structure and force application is proposed. The design can make the force of the new continuous bridge deck structure simple and clear, and the structure dimensions and reinforcement design be targeted. And the design can overcome the shortcomings of traditional continuous bridge deck structures, such as complex stress, ambiguous calculative analysis, high arbitrary structure and reinforcement, poor durability and frequent distress, which can provide a new reference for the design and application of continuous deck structure of simple-supported beam bridges.

**Keywords:** simple-supported beam bridge; continuous deck; force mode; failure mechanisms; design and application

## 0 引 言

20世纪60年代以来,随着国民经济的发展和科学技术的进步,我国的桥梁建设开始飞速发展,其结构形式也日渐丰富。其中,简支梁桥由于受力简单、施工及安装方便,造价低,在中小跨径桥梁中得到了大量应用<sup>[1]</sup>。但简支梁桥上部结构接缝多、结构整体性较差,地震时易发生落梁,且在温度变化、汽车冲击力等作用下,伸缩缝易损坏,影响行车舒适度和通行安全,后期维修及更换成本也较高。

为此,从20世纪80年代初开始,我国学者、工程师在借鉴国外研究及应用成果的基础上,开始研究桥面连续构造,并在此后中小跨径桥梁建设中得到大量应用。王虎等<sup>[2]</sup>对桥面连续构造在汽车荷载和温度作用下的变形和应力进行了分析,提出配置适宜的钢筋网或其他强化构造的措施,可以防止桥面连续构造的开裂破坏;刘丽芬等<sup>[3]</sup>提出在桥面连续构造中配置一定数量的负弯矩钢筋,可以提高其使用寿命;潘志炎等<sup>[4]</sup>提出了植入式桥面连续构造,通过在钢筋周围包裹一层高弹性材料来减少钢筋应力,避免贯通裂缝;王岗等<sup>[5-6]</sup>提出了一种拱型桥面连续装置,对混凝土的拉力有较好的分散作用;李洞明<sup>[7]</sup>提出了一种带剪力钉的钢制桥面连续构造,能

收稿日期: 2025-03-28

基金项目: 浙江省住房和城乡建设厅科研项目(2022K072)

作者简介: 李闯(1987—),男,硕士,高级工程师,从事特殊大跨桥梁设计与研究工作。

有效防水抗裂且更耐久;黄贤壮<sup>[8]</sup>对刚-混组合梁桥桥面连接板的力学机理进行了研究,并采用高性能材料 ECC、UHPC 对桥面连续构造进行了优化设计;谢俊<sup>[9]</sup>对倒 T 形盖梁简支桥面连续构造进行了设计与理论研究,并提出了一种装配式双拱形钢板混凝土组合桥面连续构造;史方华等<sup>[10]</sup>提出在简支桥面连续构造上使用 UHPC 和不锈钢筋,以提高桥梁抗裂性和耐久性;周尚猛等<sup>[11]</sup>提出了一种钢-UHPC 组合桥面连续构造形式。然而,这些研究提出的桥面连续构造的受力状态还是比较复杂,无法通过简单的计算给出定量的构造和配筋要求。

沈青川<sup>[12]</sup>通过有限元分析发现,拉杆式桥面连续构造和刚接式桥面连续构造在荷载组合作用下会很快进入塑性状态进而产生裂缝,且裂缝很难避免。吕筱珩<sup>[13]</sup>通过理论分析和数值计算研究发现,桥面连续构造的几何形式和材料特性是影响效应大小的主要因素。蓝旭坤<sup>[14]</sup>通过有限元分析发现,车辆荷载引起的桥面连续构造应力最大,温度荷载次之,且随着跨度增大,车辆荷载影响更为明显,而温度变化的影响不明显。庄一舟等<sup>[15]</sup>基于线性理论及数值分析结果,得出温度变化引起的梁体纵向伸缩和汽车荷载所导致的梁端反复转动,会受到桥面连续结构的约束作用,这种约束不仅限制了梁端的位移,还会使桥面连续结构自身因反作用力而产生变形和内力积累。多年来,尽管众多学者提出了大量不同桥面连续构造形式,并开展了不少理论研究,但是其设计计算理论尚不完善。在桥梁设计过程中,桥面连续构造的力学分析常被忽视,其结构参数和配筋设计往往缺乏系统性依据,导致主观性和随意性较大。

为此,本文在分析传统桥面连续构造缺陷的基础上,设计出了一种受力简单明确、便于施工的桥面连续构造,其结构配筋可按常规的拉弯构件进行分析得到,从本质上克服传统桥面连续结构受力复杂、计算分析不完善的缺陷,从而为桥面连续结构的设计和应用提供参考。本文提出的桥面连续构造目前已经取得国家发明专利(一种应用于梁桥上的新型混凝土桥面连续构造:ZL201910543640.X)。

## 1 传统桥面连续构造及受力性能

### 1.1 构造形式

目前常用的桥面连续结构形式如图1所示。梁端缝两侧一定范围内的混凝土铺装层采用普通钢筋混凝土或抗拉强度高的纤维混凝土材料。该范围的

混凝土铺装层内设置纵向和横向钢筋,纵向钢筋与桥面铺装钢筋网片、预制梁顶板预留纵向钢筋连接。混凝土铺装层顶部设置1道分隔缝,缝内填满密封膏。混凝土铺装层与沥青混凝土铺装层之间覆盖1层防水卷材。

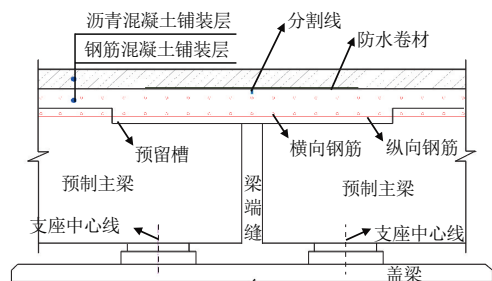


图1 传统桥面连续构造

## 1.2 受力性能

传统型桥面连续结构在因温度变化产生的主梁纵向伸缩、活载产生的主梁绕支点转动、支座不均匀沉降以及车轮荷载的局部竖向压力作用下,桥面连续构造位置的变形和受力比较复杂,应力变化大且集中,很容易发生病害,其受力形态和相应的病害特点如图2、图3所示。

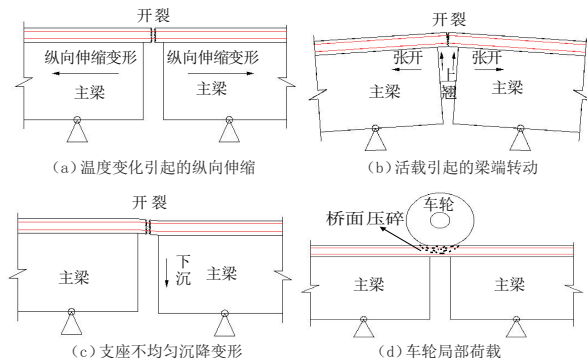


图2 不同工况传统桥面连续构造的受力及破坏形态



(a) 温度变化或梁端转动引起的病害      (b) 支座不均匀沉引起的病害

## 2 新型桥面连续构造特点及受力性能

## 2.1 新型桥面连续构造形式

根据桥面连续构造处的受力和破坏特点,将桥面连续结构设计成带支腿的混凝土板(见图4、图5)。支腿中心与主梁支座中心对齐,支腿底部与主梁顶接触位置打磨光滑,必要时在支腿底部设置1块聚四氟乙烯滑板,以减少支腿在主梁上的滑动阻

力;为便于现浇成形,桥面连续结构下缘与梁顶面之间以及梁端缝隙中可填充聚乙烯泡沫,若桥面连续装置采用预制结构(见图5),则可取消聚乙烯泡沫;桥面连续结构与混凝土铺装层的衔接处,各设置1道断缝,内用乳化沥青(或其他防水高压缩性材料)填充;桥面连续结构上下部各设置1层抗弯普通钢筋,中间设置1层抗拉普通钢筋,抗拉普通钢筋在断缝附近采用无黏结形式(外包PVC套管),其他部位采用有黏结形式,抗拉普通钢筋的两端深入两侧主梁顶部的混凝土铺装层内,且满足锚固长度要求;为防止雨水通过桥面连续结构渗漏,桥面连续结构层顶部铺设1道防水卷材。

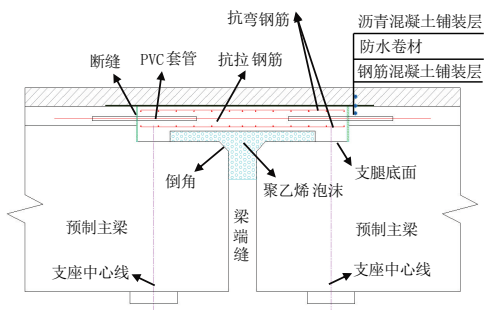


图4 新型混凝土桥面连续构造

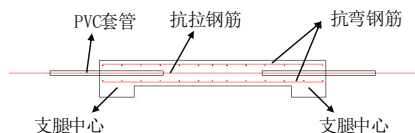


图5 新型桥面连续装置(预制)

## 2.2 新型桥面连续构造受力性能

本文提出的新型桥面连续构造受力和变形原理如图6所示。

桥面连续构造的支腿中心与主梁支座中心对齐,其与梁端之间为柔性聚乙烯泡沫或空心,可以释放因梁端转动位移和支座不均匀沉降变形所产生的应力,消除该区域的应力集中现象。

在车轮局部压力作用下,桥面连续结构呈简支受力状态,由上下缘抗弯钢筋与混凝土板一起承担;在温度变化引起的主梁纵向伸缩变形作用下,连续结构呈轴向受拉状态,主要由桥面连续结构中间的抗拉钢筋和混凝土板一起承担。

新型桥面连续结构受力简单、明确,可通过简单计算求得其构造尺寸和配筋。支腿中心与主梁支座中心对齐;支腿高度可根据梁端最大竖向位移计算得到;支腿宽度可根据支腿局部最大压应力计算得到;板厚和配筋可按常规拉弯构件计算得到;预留槽深度根据连续板支腿高度、板厚、梁端转角变形需要

的预留空间等确定。

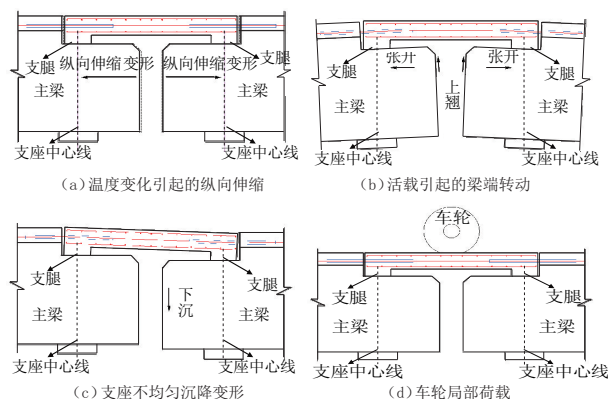


图6 新型混凝土桥面连续构造受力及变形原理

## 3 新型桥面连续构造应用

新型桥面连续构造的有限元分析模型见图7。采用MIDAS有限元模型,对跨径3×30 m简支桥面连续T梁结构(梁端构造见图8)进行分析,采用梁单元模拟。由于主梁有限元模型的主要作用是计算出车辆荷载作用下的梁端转角,用于确定桥面连续构造支腿高度,因此按单孔简支梁模拟即可。

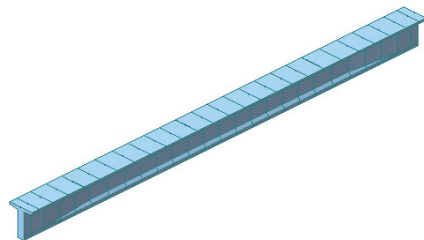


图7 有限元分析模型示意图

### 3.1 支腿高度计算

30 m简支T梁支座中心到理论跨径线的距离为55 cm,梁端缝宽为4 cm,则支点中心到梁端距离为 $55-4\div2=53$  cm。根据计算,在活载标准组合作用下,支点处的转角为0.001 8 rad,则梁端最大上翘位移为 $55\times0.001\ 8=0.096$  cm。为避免上翘梁端与桥面连续结构发生碰撞,支腿高度可取 $h=2$  cm。

### 3.2 支腿宽度计算

根据计算,汽车活载引起的支腿反力标准值 $F_Q=$

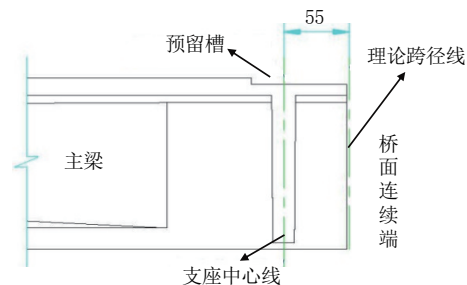


图8 30 m简支T梁梁端构造示意图(单位:cm)

87.5 kN/m,恒载反力标准值  $F_c=4.8$  kN/m,则支腿底部局部荷载基本组合  $F=1.2\times1.1\times(1.2\times4.8+1.8\times1\times87.5)=215.5$  kN/m(考虑冲击系数 0.2)。根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362—2018)第 5.7.1 条规定,当桥面连续构造采用 C50 混凝土时,其支腿宽度最小值  $b_{\min}=4.3$  mm,因此支腿宽度可取  $b=10\sim15$  cm。

抗拉钢筋配筋计算:经验算,3×30 m 的 1 联简支桥面连续 T 梁(中梁)因温度变化、汽车制动力和支座摩阻力引起的轴向拉力中,三者取较大值 35 kN/m;当抗拉钢筋按  $\Phi 20$ ,间距 15 cm 设置时,钢筋拉应力为 12 MPa,小于钢筋抗拉强度设计值 330 MPa,满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》规定的受力要求。

抗弯钢筋配筋计算:可按简支受力形态对桥面连续结构进行配筋计算。桥面连续构造受到结构自重、桥面铺装及车辆荷载作用,其计算模型如图 9 所示。根据计算,每延米跨中截面弯矩基本组合为 26.7 kN·m,频遇组合为 10 kN·m。钢筋按  $\Phi 12$ ,间距 10 cm 设置,经验算,下缘裂缝最大宽度为 0.077 mm,小于 0.02 mm,满足《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》第 6.4.2 条要求。

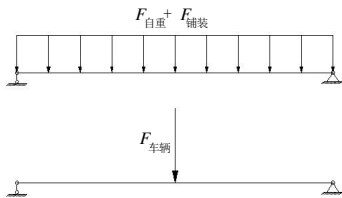


图 9 桥面连续构造抗弯受力形态示意图

该新型桥面连续构造首先在浙江某保通便道桥中进行了应用。该保通便道桥为跨径 25 m 简支桥面连续小箱梁,位于某一级公路上,运行的重型货车占比较高。经过近 3 年的运营,桥面连续构造位置保持完好,未见明显破损或开裂。此外,该桥面连续构造已经在苏台高速(二期)崇福互通主线及匝道桥中进行了应用,应用桥型主要为跨径 25、30 m 的简支桥面连续小箱梁,含直线桥和曲线桥,其中曲线桥的最小半径约 60 m。目前该项目已基本建成,尚未通车,现场照片见图 10。

4 结 语

(1)桥面连续构造位置的变形和受力比较复杂,应力变化大且集中,很容易发生病害。造成病害的主要原因是温度变化产生的主梁纵向伸缩、活载产



图 10 现场照片

生的主梁绕支点的转动、支座不均匀沉降以及车轮荷载的局部竖向压力作用。

(2)传统桥面连续结构受力复杂、计算分析不完善,桥面连续构造及配筋随意性较大,故简化桥面连续构造,改变力的传递方式是解决桥面连续混凝土病害的关键。

(3)新型桥面连续构造受力简单、明确,设计及计算理论相对成熟,克服了传统桥面连续结构受力复杂、计算分析不完善的缺陷,为桥面连续结构的设计和应用提供了参考。

参考文献:

[1] 钟俊飞.简支体系桥面连续病害防治技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2014.

[2] 王虎,胡长顺,王秉纲.简支梁桥梁端处桥面连续铺装层结构计算分析[J].西安公路交通大学学报,2000(4):1-3.

[3] 刘丽芬.混凝土简支梁桥面部分连续新型构造研究[D].西安:长安大学,2006.

[4] 潘志炎,茅兆祥,刘敏,等.简支梁桥面连续构造的有限元分析与改进[J].公路交通科技,2010,27(4):89-94.

[5] 王岗,谢旭,王城泉,等.简支梁桥拱型桥面连续构造的受力性能[J].浙江大学学报(工学版),2014,48(6):1049-1057.

[6] 王城泉,申永刚,王岗,等.空心板梁桥桥面连续构造的受力特性试验[J].浙江大学学报(工学版),2016,50(8):1438-1445.

[7] 李润明.一种新型桥面连续缝的设计与应用[J].城市道桥与防洪,2019(9):113-114;124.

[8] 黄贤壮.钢-混组合简支梁桥桥面连接板力学机理与优化设计研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2023.

[9] 谢俊.倒 T 形盖梁简支梁桥无缝化设计理论与试验研究[D].杭州:浙江大学,2023.

[10] 史方华,陈人龙,魏益峰,等.一种简支梁桥面连续构造:中国,CN202420008532.9[P].2025-01-10.

[11] 周尚猛,崔冰,郭福宽.新型钢-UHPC 组合桥面连续构造性能研究[J].公路交通科技,2025,42(1):156-165.

[12] 沈青川.简支梁桥桥面连续构造性能比较研究[D].长沙:中南大学,2011.

[13] 吕筱珩.寒区简支梁桥面连续新型构造形式研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.

[14] 蓝旭坤.桥面连续构造受力分析及其影响因素研究[D].广州:华南理工大学,2016.

[15] 庄一舟,徐亮,程俊峰,等.简支梁桥桥面连续结构力学特性理论分析[J].中国公路学报,2017,30(7):73-85.