

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2024.04.024

G15 公路嘉金段空心板梁拼宽设计

赵鹏

(上海市政工程设计有限公司, 上海市 200438)

摘要: 随着时代的发展, 社会对桥梁结构的建设提出了越来越高的要求。为了缓解交通压力, 提升经济发展, 降低工程造价, 减小社会影响, 越来越多的现状桥梁会被拓宽改建, 继续承担着社会责任。G15 公路嘉金段改扩建工程存在大量的既有桥梁改建需求, 其中空心板梁拼宽, 采用上部结构连接, 下部结构不连接的方式。对空心板梁三种拼宽方案进行比选, 同时计算分析了新建结构的沉降对现状空心板梁以及拼缝的影响。为桥梁改扩建工程的设计提供了一定的参考。

关键词: G15 公路嘉金段; 空心板梁; 结构拼接; 沉降

中图分类号: U443.35

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)04-0100-03

1 工程概况

该项目工程范围为 G15 公路嘉金段 (G1503 公路—S32 公路), 北起 G15—G1503 立交以南约 890 m 处, 南至 G15—S32 立交, 全长约 42.7 km。

因主线拓宽及抬升需求, 工程范围内桥梁均需进行改建, 主要包括 5 部分内容: 主线高架段拓宽, 包括拼宽和分幅新建两种方案; 主线路基段抬升, 新建主线高架; 跨航道桥梁改建; 立交改建; 地面中小桥改建 31 座。

该工程应满足低碳节能环保、控制造价、降低对现状交通影响的要求。结合桥梁检测报告, 大部分现状桥梁结构均满足老桥利用的要求, 该工程尽量利用现状老桥。同时根据结构特点, 充分考虑受力的优越性和施工的可行性, 选择合理的拼宽方案。

2 空心板梁拼宽方案

从本工程中选取某一座拼宽桥梁为例, 根据道路总体设计, 拼宽方案为主线桥梁两侧根据道路断面进行拓宽, 原桥梁宽度为 $16\text{ m}+2\text{ m}+16\text{ m}=34\text{ m}$, 两侧各加宽 3.625 m , 总宽度加宽至 $19.625\text{ m}+2\text{ m}+19.625\text{ m}=41.25\text{ m}$ 。

在老桥两侧新建拼宽桥梁, 基础及下部结构独立于老桥, 上部结构采用与老桥梁型相同的空心板梁; 下部结构采用盖梁柱式墩, 为减少桩基挤土效应, 基础采用钻孔灌注桩。总体横断面见图 1。

收稿日期: 2023-03-17

作者简介: 赵鹏(1990—), 男, 学士, 工程师, 从事桥梁设计工作。

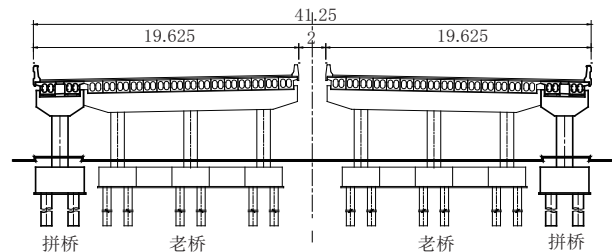


图 1 空心板梁拼宽总体横断面(单位:m)

2.1 方案一: 铺装连接

本方案为新建空心板梁与老桥空心板梁结构不连接, 桥面铺装连接。拆除老桥的一片边梁, 新建空心板梁的内挑臂与老桥替换空心板梁的外挑臂之间留置 20 mm 构造缝。铺装层内的钢筋与新布置的铺装钢筋焊接, 混凝土铺装调平层采用 UHPC 超高性能混凝土, 见图 2。

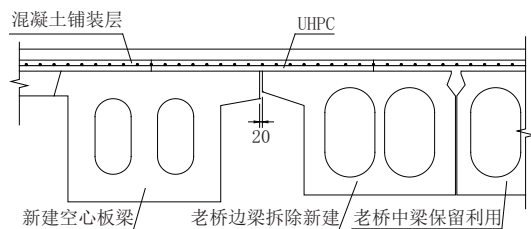


图 2 方案一横断面

本方案的优点是施工简单、方便, 在梁体架设完成后, 不需要继续现场施工横向连接。缺点一是力学性能差, 因为新、老桥不连接, 导致原老桥边梁的活载横向分布系数变大, 受力变大, 需要替换原老桥的边梁, 增加钢筋钢束, 保证结构的安全性; 新建桥梁侧的空心板梁的活载横向分布系数较大, 受力较大, 跨径大的时候需要重新设计梁体, 以保证结构的安全性。缺点二是整体性差, 构造缝处的两片梁刚度不同、受

力不同,极易产生挠度差,同时考虑新桥的沉降,可能会导致桥面铺装产生裂缝,影响行车舒适性及桥面外观,铺装维修时也会产生一定的社会影响。

2.2 方案二:湿接缝连接

本方案为新建空心板梁通过现浇湿接缝与老桥空心板梁刚性连接。需凿除老桥的防撞护栏、挑臂和部分桥面铺装混凝土,挑臂和铺装层内的钢筋保留;新建空心板梁的内板挑臂不预制,预留挑臂横向钢筋。老桥空心板梁挑臂内的横向钢筋调直后与新桥空心板梁的横向钢筋焊接,铺装层内的钢筋与新布置的铺装钢筋焊接。现浇湿接缝、混凝土铺装调平层采用C50微膨胀混凝土,见图3。

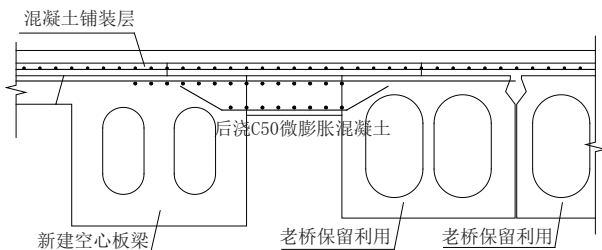


图3 方案二横断面

本方案的优点一是行车整体性好,横向受力由上部结构的横向联系承受,能有效避免桥面铺装产生裂缝。优点二是经济性好,不需要替换老桥边梁。缺点是结构横向受力要求高,现浇湿接缝使得新老桥两片梁刚接,混凝土收缩徐变、桥墩沉降以及行车带来的新旧桥变形差都会增加结构内力,对结构的局部和整体受力影响较大。

2.3 方案三:铰缝连接

本方案为新建空心板梁通过现浇铰缝与老桥空心板梁铰接。需凿除老桥的防撞护栏、部分挑臂和部分桥面铺装混凝土,挑臂和铺装层内的钢筋保留;新建空心板梁的内板挑臂部分不预制,预留挑臂横向钢筋。老桥空心板梁挑臂内的横向钢筋与新桥空心板梁的横向钢筋通过铰缝钢筋连接,铺装层内的钢筋与新布置的铺装钢筋搭接。现浇铰缝、混凝土铺装调平层采用C50微膨胀混凝土,见图4、图5。

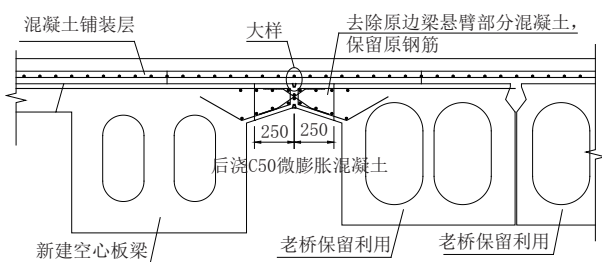


图4 方案三横断面

本方案的优点与方案二类似,但是本方案新老桥结构连接采用交叉钢筋布置,形成铰接连接,既可

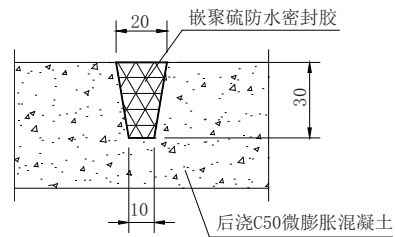


图5 方案三局部大样(单位:mm)

以使新老桥变形协调,提升拼缝耐久性,同时降低桥墩沉降等带来的老桥附加内力。

2.4 拼接方案比选

拼接方案比选情况详见表1。

表1 空心板梁拼接方案比选

	方案一	方案二	方案三
类型	结构横向不连接	结构横向刚接	结构横向铰接
沉降控制	沉降控制要求较高	沉降控制要求高	沉降控制要求高
结构影响	避免新旧结构的相互影响,对旧桥影响小。	混凝土收缩徐变、桥墩沉降以及行车带来的新旧桥变形差都会转化为内力,对结构的局部受力和整体受力影响较大	对结构的局部受力和整体受力有影响
运营与维护	新老桥变形差异使得接缝处桥面铺装容易开裂,为后期养护维修带来隐患。采用弹性混凝土、聚氨酯填充式大位移接缝等措施可提高接缝处抗裂性能	运营期间桥面连续性较好,但需对沉降进行监测,混凝土收缩徐变、沉降差超过一定量时,须及时对结构进行维护	运营期间桥面连续性较好,但需对沉降进行监测,混凝土收缩徐变、沉降差超过一定量时,须及时维护结构
综合造价	适中	适中	适中

综上所述,推荐方案三,即新建空心板梁通过现浇铰缝与老桥空心板梁铰接。

此外还通过以下措施,进一步改善拼缝的耐久性。

(1)新建桥梁桩基适当加长,桩端深入压缩模量大的持力层;

(2)桩底注浆,固化桩底沉渣和桩侧泥皮,减少桩基沉降;

(3)新建拼宽桥梁施工后预压3~6个月,以加速沉降的完成,再施工新老桥之间的拼缝;

(4)拼缝、混凝土铺装层在连接处可采用微膨胀混凝土。

3 结构分析

3.1 计算荷载

(1)一期恒载

预应力混凝土、钢筋混凝土容重 $\gamma=26 \text{ kN/m}^3$ 。

(2)二期恒载

老桥拼宽铺装:与现状老桥一致:钢筋混凝土 80 mm, $\gamma=25 \text{ kN/m}^3$; 沥青 80 mm, $\gamma=24 \text{ kN/m}^3$;

防撞护栏:12 kN/m 每侧。

(3)汽车荷载

老桥改建:保留利用及拼宽后利用的现状桥梁,按照原荷载标准及原设计标准执行,原荷载标准为汽超 -20 级;

新建桥梁:公路 -I 级。

(4)温度荷载

整体升降温:整体升温 25°C , 整体降温 20°C ; 梯度温度:按《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2015)4.3.12 取值。

3.2 新桥沉降

根据桥梁博士 V4.4.1 计算新建桥梁桩基沉降,具体结果见表 2。

表 2 基础沉降量计算表

土类别名称	基底至该层土底面距离 z_i / m	平均附加压力系数 α_i	基底压力 p / kPa	基底附加压力 p_0 / kPa	压缩模量 E_{si} / MPa	沉降量 $\Delta s_i / \text{mm}$
7-2	16.06	0.67	513.05	18.78	37.51	5.40
7-2T	16.57	0.66	512.33	18.06	38.91	0.07
9-1	17.10	0.65	512.33	18.06	38.72	0.07
分层总和法计算的地基沉降量 $s_0 = \sum \Delta s_i / \text{mm}$						5.54
压缩模量的当量值 E_s / MPa						37.54
沉降计算经验系数 ψ_s						0.20
地基最终沉降量 s / mm						1.11
桩身压缩量 $ / \text{mm}$						2.55
群桩基础沉降量 $ / \text{mm}$						3.66

分层总和法^[2]计算所得桩基沉降量为 3.66 mm,其中桩基自身的弹性压缩量为 2.55 mm,本工程以 5 mm 沉降量进行验算。

3.3 空心板梁纵向分析

采用 Midas Civil 建立梁格模型^[3],考虑新桥 5 mm 的沉降量,计算模型见图 6。

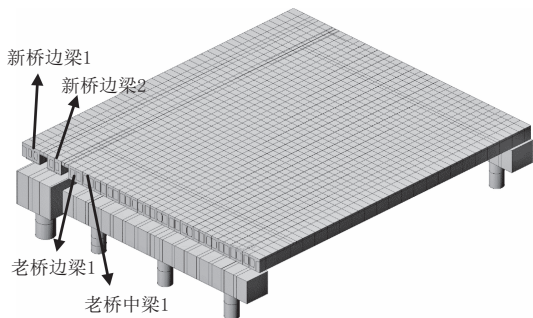


图 6 midas Civil 梁格模型

老桥验算结果见表 3,新桥验算结果见表 4。

表 3 超 20- 拼宽侧老桥承载力验算结果

	边梁 1		中梁 1	
	弯矩 $M_y / (\text{kN}\cdot\text{m})$	剪力 F_z / kN	弯矩 $M_y / (\text{kN}\cdot\text{m})$	剪力 F_z / kN
恒载	1 384	258	1 084	190
活载	446	202	354	126
温度	18	24	6	3
沉降	275	427	83	32
基本组合	2 518	730	1 996	482
结构抗力	2 762	953	2 311	818
是否满足	是	是	是	是

表 4 公路 I 级 - 新桥承载力验算结果

	边梁 1		边梁 2	
	弯矩 $M_y / (\text{kN}\cdot\text{m})$	剪力 F_z / kN	弯矩 $M_y / (\text{kN}\cdot\text{m})$	剪力 F_z / kN
恒载	1 710	365	1 667	353
活载	834	258	787	260
温度	14	5	16	25
沉降	148	102	291	440
基本组合	3 535	927	3 378	1 038
结构抗力	4 275	2 249	4 275	2 249
是否满足	是	是	是	是

由计算分析可知,老桥和新桥正截面抗弯、斜截面抗剪均满足规范要求。

3.4 横向连接分析

拼缝承载力验算结果见表 5。

表 5 公路 I 级 - 拼缝承载力验算结果

	弯矩 $M_x / (\text{kN}\cdot\text{m})$		剪力 F_z / kN	
	支座脱空	支座不脱空	支座脱空	支座不脱空
恒载	10	10	32	32
活载	26	26	98	98
温度	3	3	28	28
沉降	24	30	100	577
基本组合	56	59	192	413
结构抗力	135	135	228	228
是否满足	是	是	是	否

由计算分析可知,考虑支座脱空,拼缝的正截面抗弯、斜截面抗剪均满足规范要求。

上面的计算结果表明:考虑支座脱空,沉降引起的荷载对拼缝的内力影响占到 20%~30%。

4 结 语

(1)G15 公路嘉金段工程存在大量的既有桥梁

(下转第 106 页)

表5 成桥状态(百年风W2)下2#主墩墩身内力对比

墩身类型	方向	墩顶		墩底	
		最大弯矩 / (kN·m)	安全系数	最大弯矩 / (kN·m)	安全系数
组合墩	M_y	54 001	2.21	289 936	2.59
	M_x	23 092	5.03	200 615	2.7
单肢空心墩	M_y	223 389	4.6	299 740	2.62
	M_x	17 416	6	188 616	2.76

表6 主墩墩身主要工程数量

主墩形式	混凝土 /m ³	钢筋数量 /t
组合墩	10 922	1 082.8
单肢空心薄壁墩	8 165	902.5

空心薄壁墩经济指标优于组合墩,同时较组合墩施工便利,对降低造价和缩短工期是非常明显的。

5 结论

将瓦厂特大桥主桥原初步设计采用的组合墩墩型优化成单肢空心墩,通过建立空间有限元模型进行对比分析,得出以下结论:

(1)本桥采用的两种主墩墩型,主梁梁部应力水

平相当,但在稳定性方面,单肢空心墩优于组合墩。

(2)在最大双悬臂施工状态下,采用单肢空心薄壁墩安全系数较组合墩小,但成桥后安全系数相当,主墩墩身强度均满足规范要求。

(3)采用单肢空心薄壁墩经济性优于组合墩,在墩身强度满足要求的前提下,采用单肢空心薄壁墩比组合墩在造价上能大幅节省,并在施工质量与工期方面有明显的优势。

(4)若主墩墩身较高,但主桥位于整体式路基的情况下,可不采用变截面、放坡的桥墩形式,选用等截面的单肢空心薄壁墩,两幅主墩之间设置系梁,整体横向刚度较大,施工便利性最优。

参考文献:

[1] 陈士刚,吴先树.超高墩大跨连续刚构主墩形式研究及关键技术[J].公路,2012(5):104-108.
 [2] 刘明慧.单肢空心墩和双肢实心墩在高墩连续刚构主墩方案中的比选研究[J].城市道桥与防洪,2017(5):131-133.
 [3] 中交公路规划设计院.公路钢筋混凝土预应力混凝土桥涵设计规范应用指南[M].北京:人民交通出版社,2018.
 [4] JTG 3362—2018,公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
 [5] JTG/T D65-05—2015,公路悬索桥设计规范[S].

(上接第 102 页)

改建,从考虑尽量利用现状桥梁,减少废弃工程量,并降低对现状交通影响出发,保留利用及拼宽后利用的现状桥梁,结合详勘资料及老桥检测报告,本工程采用上部结构连接,下部结构不连接的方式。

(2)在设计中,增加桩长、桩底注浆;在施工中,先预压新建拼桥,再施工拼缝;在材料上,选用微膨胀混凝土。以此来减小新桥沉降,提高拼缝的耐久性。

(3)保留利用及拼宽后利用的现状桥梁,除了按照原荷载标准及原设计标准执行,还要考虑沉降引

起的荷载。纵向计算表明老桥拼宽后,老桥的荷载增加较小。横向计算表明,拼缝受力主要由活载和沉降控制,建模计算时通过考虑支座脱空(仅受压支座),减小软件计算沉降引起的内力。

参考文献:

[1] 万鹏,丁兴国.沪宁高速公路(上海段)桥梁拼接设计与分析[J].中国市政工程,2007(2):10-12.
 [2] 李广信,张丙印,于玉贞.土力学(第2版)[M].北京:清华大学出版社,2013.
 [3] 肖明亮,张锐.铰接空心板梁格法虚拟横梁截面特性取值研究[J].桥隧工程,2013(5):129-131.