

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.09.019

海宁桥拓宽改建工程方案设计浅析

罗海兵, 张 涛

(江苏华新城市规划市政设计研究院有限公司, 江苏 连云港 222006)

摘 要: 预应力空心板梁支点抗剪较跨中抗弯的安全储备低, 超载导致板端腹板斜裂缝宽度超标, 方案考虑拆除与新建衔接, 采用部分利用中幅桥并拓宽改建的设计方案。桥梁拆除为危大工程, 采用汽车荷载与吊车荷载加载效率比较法检算跨中弯矩、设置横向分配梁使得板梁可承受吊车支点产生的较大剪力、控制盖梁拆除时边柱不平衡弯矩, 进行拆建、吊装期间桥梁结构在最不利工况下的承载能力设计。

关键词: 腹板斜裂缝; 拓宽改建; 危大工程; 拆除吊装; 承载能力

中图分类号: U445.6

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)09-0078-04

1 项目概况

1.1 桥梁现状

海宁中路跨西盐河桥建于2003年, 桥梁结构为 5×13 m简支预应力混凝土空心板梁桥, 连续桥面, 桥梁的右偏角为 75° , 桥梁宽度50.5 m, 见图1。

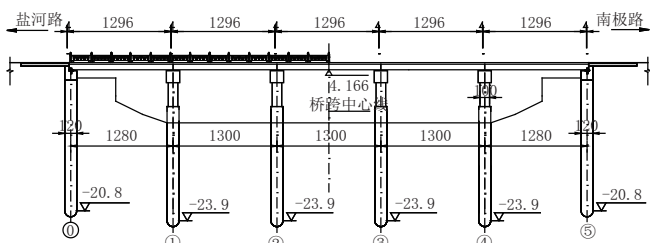


图1 桥梁立面图(标高单位为m, 其它为cm)

桥梁位于海宁中路与盐河南路交叉口范围内, 拓宽改造前, 交叉口进口道为“一左三直一右”五个车道, 出口道为三个车道。

三幅桥梁横向布置为: 4.25 m(人行道和栏杆)+6.0 m(机非混行车道)+3.0 m(侧分带)+24.0 m(机动车道)+3.0 m(侧分带)+6.0 m(非机动车道)+4.25 m(人行道和栏杆), 见图2。

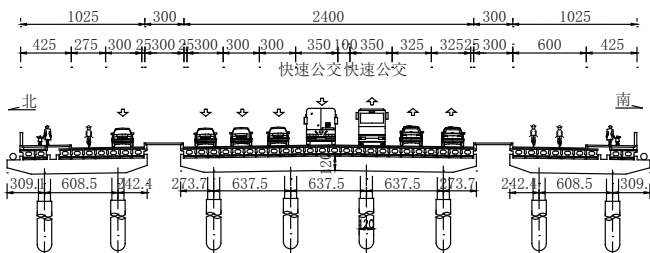


图2 桥梁横断面布置图(单位: cm)

收稿日期: 2021-11-08

作者简介: 罗海兵(1967—), 男, 本科, 研究员级高级工程师, 从事道桥设计工作。

上部结构主梁采用先张法预应力混凝土简支空心板梁, 梁长12.96 m, 板梁高度0.55 m。板梁底标高不小于4.0 m。桥面铺装原设计为14 cm厚钢筋混凝土现浇层, 后期道路改造加铺了6 cm厚沥青混凝土。

下部结构桥台采用桩接盖梁桥台, 桥墩采用桩柱式桥墩, 均为钻孔灌注桩基础, 墩台桩径1.2 m, 桥墩柱径1.0 m。盖梁桥墩宽1.3 m、桥台宽1.2 m。

1.2 桥梁检测结果

根据2016年度结构定期检测结果, 上部结构评价为C级, 板梁有裂缝, 但裂缝宽度均不超过0.15 mm。

2019年度结构定期检测, 机动车道上部结构评定为D级桥—不合格级, 病害板梁主要分布在中幅机动车道桥的南半幅, 为板梁的腹板斜裂缝宽度超过0.15 mm, 部分达到3 mm, 斜裂缝距离梁端约1.8 m。与2016年度的检测结果相比, 裂缝数量和裂缝宽度均有明显的发展, 见图3。

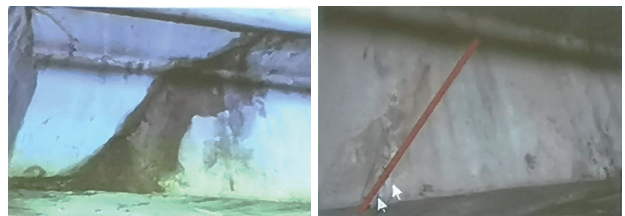


图3 板梁腹板斜裂缝(左为2019年, 右为2016年)

经检算, 原设计板梁的抗弯能力和抗剪能力均满足2003版《公路工程技术标准》要求, 但安全储备不一致。在超载车辆(由西向东行驶较多)的作用下, 板梁因抗剪承载能力不足导致腹板斜裂缝超标, 但跨中未见异常, 其抗弯承载能力尚能承受超载车辆荷载。

1.3 桥梁改建概况

鉴于板梁的严重病害, 及对桥梁上机非混行的现

状,采用拆除中幅桥上部结构,利用既有的侧分带空间拓宽中幅桥的改建方案。

2 改建设计

2.1 改建设计分析

与新建桥梁相比,桥梁改建设计的限制条件及需要考虑的设计要素颇多,方案在执行 2014 版《公路工程技术标准》的基础上,主要考虑的要素:

(1)新建结构按 2014 版《标准》设计,而利用的现状结构是按照 2003 版《标准》设计的;

(2)现状桥梁 13 m 跨度板梁梁高 0.55 m,2014 版《标准》汽车荷载增大,板梁承载能力提高,且从构造措施上提高了钢筋混凝土的耐久性,板梁梁高调整为 0.70 m;

(3)2011 版《城市桥梁抗震设计规范》要求 7 度区 13 m 预应力空心板梁在盖梁上的搁置长度不小于 76.5 cm,现状盖梁宽度不满足抗震要求;

(4)纵断面宜与现状保持一致,以减小桥两端特别是盐河南路交叉口区域路面抬高衔接工程量;

(5)以人为本,优化现状交叉口,机非分行。

2.2 改建设计方案

拆除中幅桥的桥面铺装、预应力空心板梁、支座、搭板和盖梁,拆除侧分带,铣刨非机动车道沥青

混凝土面层和更换支座,见图 4。

在侧分带位置新建两个桩基,新建盖梁、板梁和桥面系。板梁底标高按不小于 3.85 m 控制,保持新建桥面标高与现状桥梁标高基本一致。改建后中幅桥桥面净宽为 28.0 m,设置 5 个进口道和 3 个出口道,包含两个 BRT 专用车道,见图 5。

新建桩基采用钻孔灌注桩,桩底标高、截面尺寸与现状保持一致,桩径 1.2 m,柱径 1.0 m。中幅桥利用的桩、柱材料强度和承载能力经验算满足改建后的 2014 版《标准》的受力要求。

3 危险性较大分部分项工程方案及验算

3.1 拆除、吊装方案

3.1.1 拆除、吊装方案考虑因素

(1)主体结构拆除宜先拆除非承重结构及附属设施,再拆除承重结构。

(2)分析确定拆除顺序及方向,确定吊车摆放位置并记录吊装作业半径内的吊重能力,确认切割线并放线定位,为拆除部位设置吊装孔槽,按最大切割块重量配备吊车,做好吊装、转运、破碎、碴土处理工作。

(3)拆除与新建在工序上相结合,如在拆除板梁过程中,利用现状桥面平台施工钻孔灌注桩;拆除过程与块件吊装过程相配合,如桥面系分步拆除、吊车

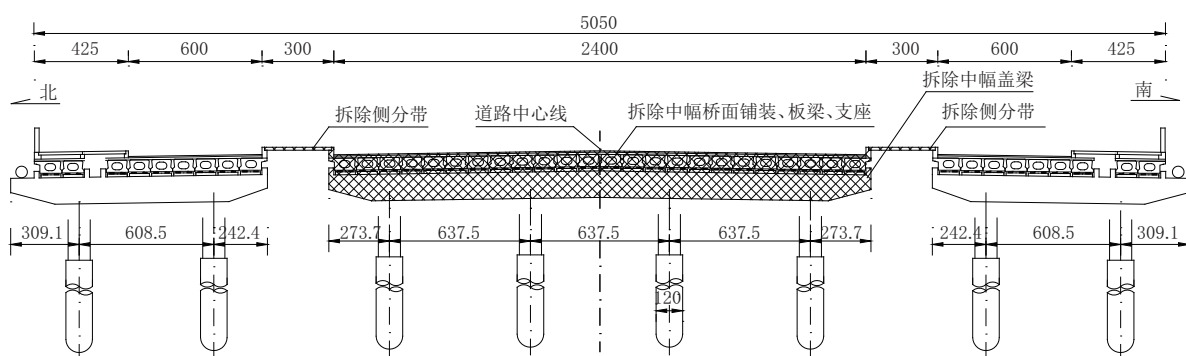


图 4 中幅桥拆除示意图(单位:cm)

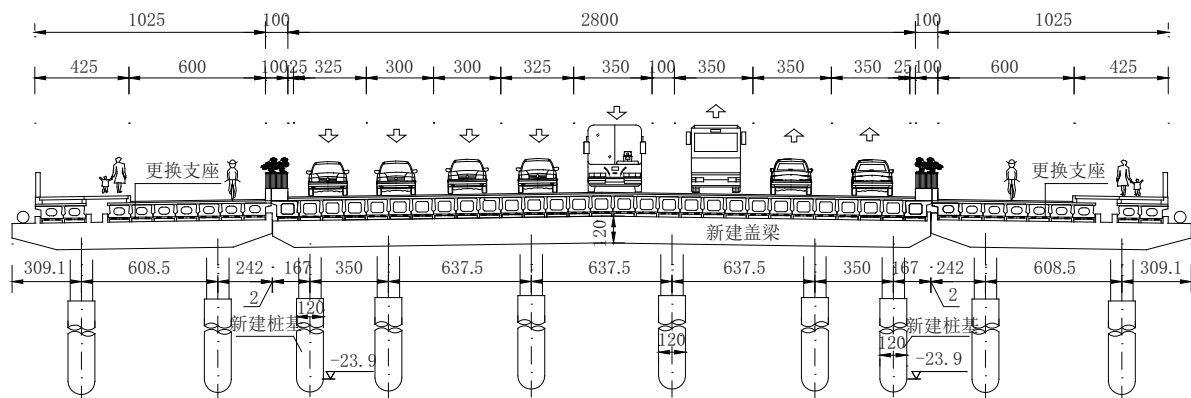


图 5 桥梁改建示意图(单位:cm)

与运梁车相协调;还需考虑吊车旋转范围、运梁车进出路线等。

(4)分析在拆除、吊装、运输过程中,板梁、盖梁、桩柱等结构的最不利工况和承载能力。

3.1.2 拆除、吊装方案

桥面系拆除施工流程:中央护栏拆除、侧分带拆除、桥面沥青面层铣刨。

板梁拆除施工流程:由东向西、由南向北依次拆除;先切割桥面钢筋混凝土铺装层和铰缝以分割板梁,再逐片吊装板梁;切割一跨吊装一跨,吊机所在跨桥面铺装和铰缝不得切割,见图6。

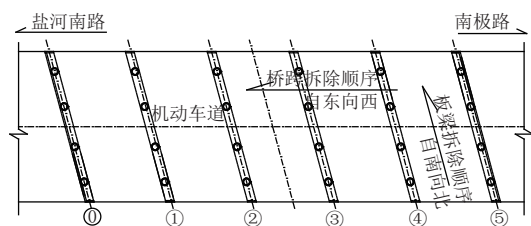


图6 板梁拆除吊装顺序图

板梁拆除前进行台后土压力引起桥台偏载、单边恒活载引起桥墩偏载的检算。

盖梁拆除施工流程:将盖梁按下图所示顺序切割,柱顶以上盖梁块段人工凿除,其余块段吊装运离现场处理,见图7。

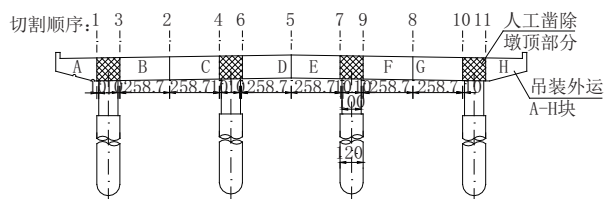


图7 盖梁拆除顺序图(单位:cm)

注意切割顺序10时,块体H对边柱的不平衡弯矩。

为了保证桩柱钢筋的完整性,桩柱顶剩余盖梁采用小型碎型锤施工,离设计标高顶30cm处采用风镐人工凿除处理。

3.2 拆除、吊装不利工况下板梁承载力检算

采用笔者编写的桥梁荷载试验计算程序,通过吊车荷载和设计汽车荷载作用下的板梁关键截面内力的比值(荷载试验中的加载效率),初步判断板梁是否可承载吊车。

3.2.1 板梁抗弯承载力计算

分别按杠杆法和铰接板法计算既有中幅桥的梁端和跨中横向分布影响线,见图8。

计算设计汽车荷载作用下各主梁的横向分布系数、各主梁的最大弯矩,结果见图9。

设计汽车荷载作用下,板梁跨中最大弯矩约为 $270 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 。

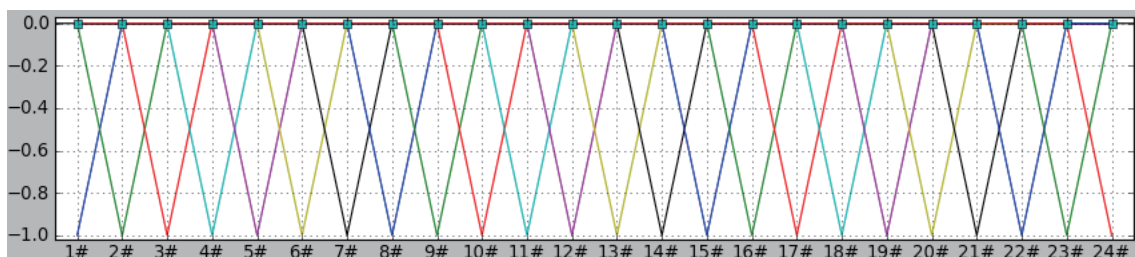
采用130t吊机,吊装盖梁时起重量约106kN,工作半径约16.0m。吊车在靠近中幅桥边缘安装就位,计算以下工况板梁的弯矩数值。

工况一:吊车在靠近中幅桥边缘安装就位,尚未起吊。吊车总重约960kN,每个支撑点重量240kN。

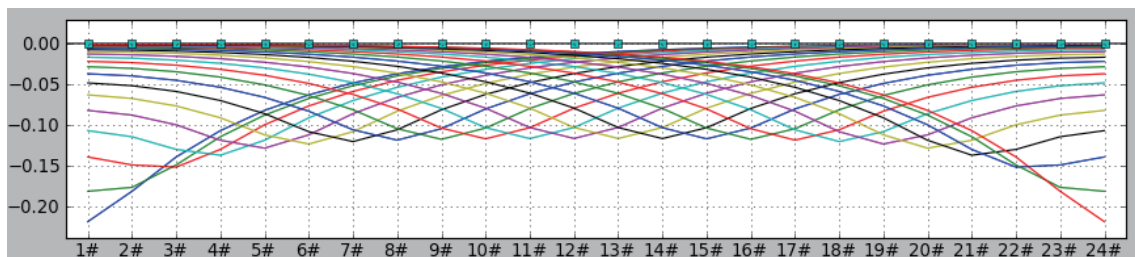
工况二:起吊盖梁,前脚每个支撑点受力453kN,后脚每个支撑点受力102kN。

工况三:起吊盖梁,吊机在工况二的基础上旋转180°,后脚每个支撑点受力453kN,前脚每个支撑点受力102kN。

计算各工况作用下的板梁弯矩与设计汽车荷载作用下的弯矩比值,结果见图10。



(a)梁端



(b)跨中

图8 中幅桥板梁的横向分布影响线

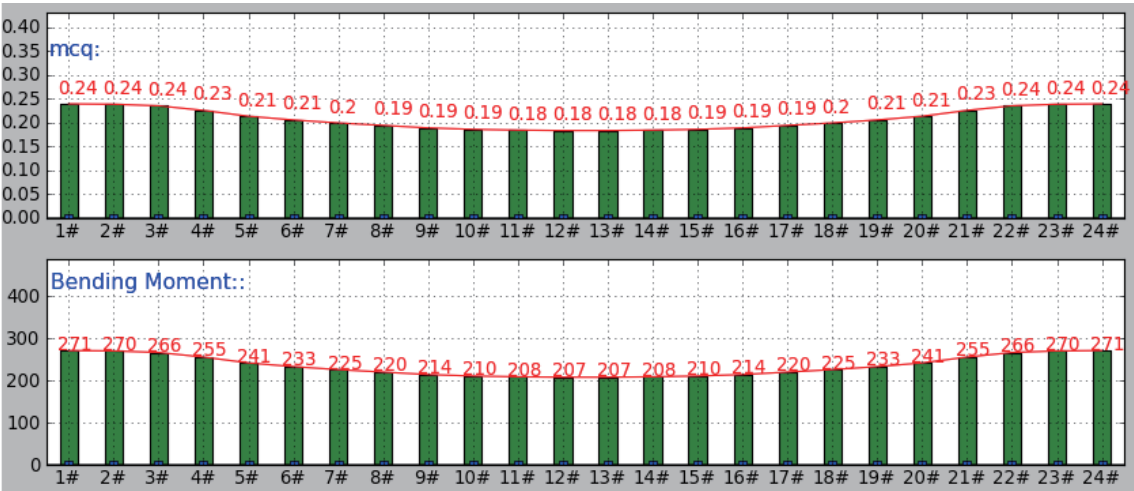
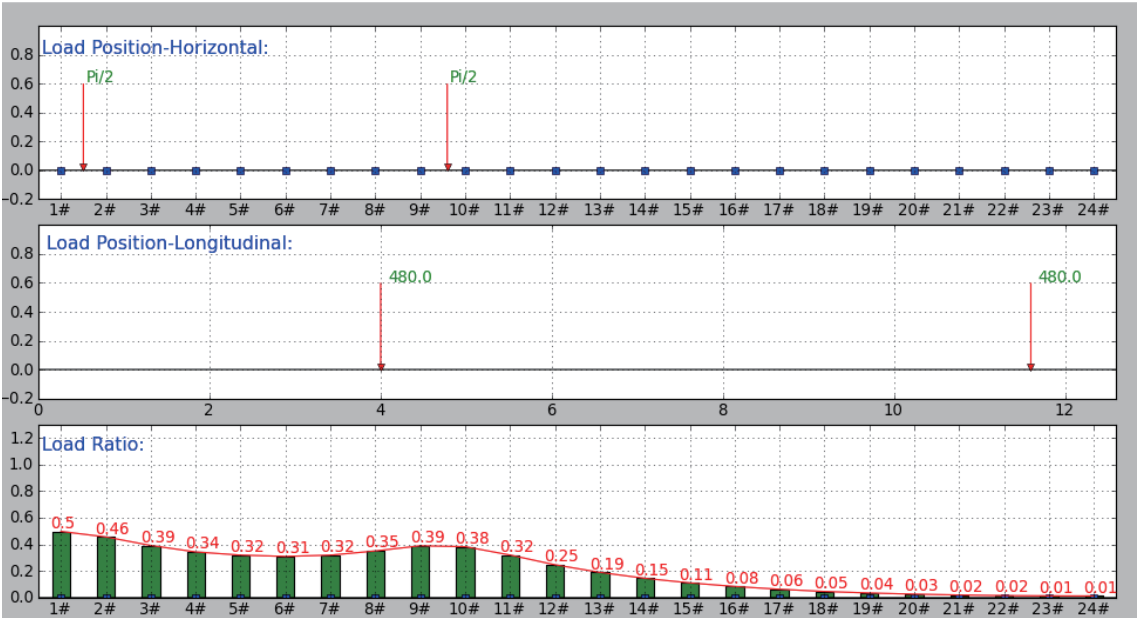
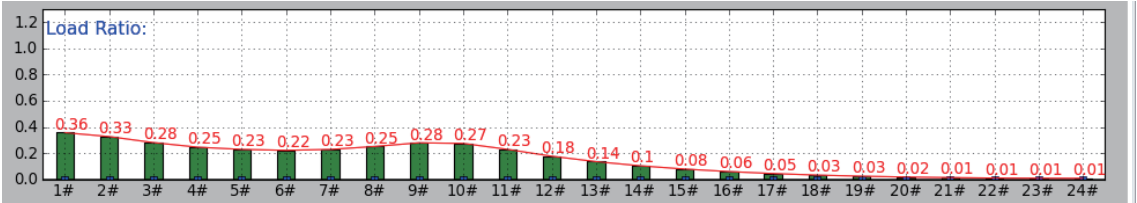


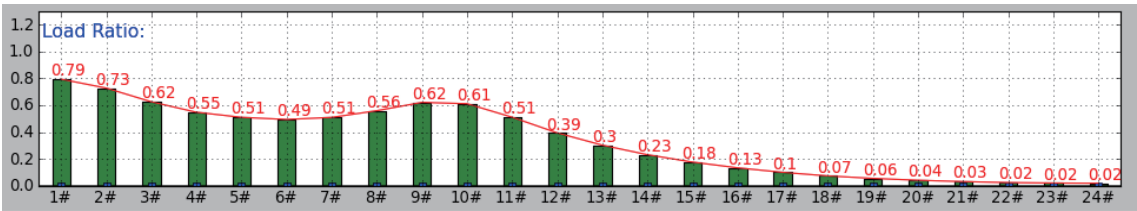
图 9 汽车荷载主梁横向分布系数、最大弯矩



(a)工况一(示意加载位置和加载效率结果)



(b)工况二(示意加载效率结果)



(c)工况三(示意加载效率结果)

图 10 吊车荷载作用下主梁弯矩

吊车荷载作用下的板梁弯矩，最大为设计汽车荷载作用下的 0.79,板梁抗弯承载能力满足要求。

3.2.2 抗剪承载力验算
分析主梁的横向分布影响线，板梁在工况二作

考虑振动控制的效率,结合上述公式计算,TMD 布置方案为:在正对称模态动力响应敏感的跨中位置设置 1 个 7 t 的 TMD;在反对称模态动力响应敏感的 2 个四分点位置各设置 1 个 3 t 的 TMD。

3.3.2 动力响应分析

加装 TMD 后,反对称模态最大响应加速度为 0.51 m/s^2 ,位于拱肋四分点位置,舒适度等级为 CL2(见图 13);正对称模态最大响应加速度为 0.45 m/s^2 ,位于拱肋跨中位置,舒适度等级为 CL1(见图 14)。行人舒适度等级为中等以上,满足设计目标。

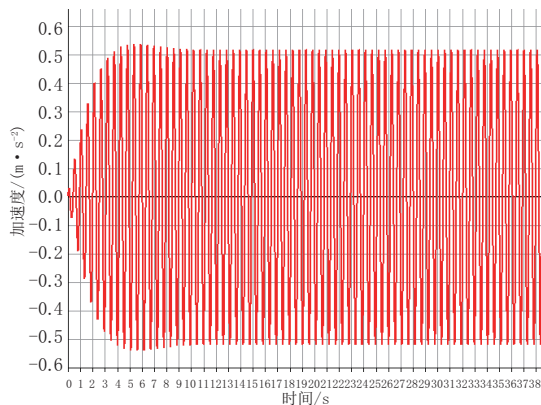


图 13 反对称模态四分点加速度响应(加装 TMD 后)

3.3.3 TMD 减震效果对比

设置 TMD 前后的人行桥动力响应对比见表 4。

由表 4 可见,加装 TMD 后,有效控制了人行桥的动力响应,行人舒适度得到明显提高。

4 结 语

(1)国内人行桥设计规范关于人行桥动力设计内

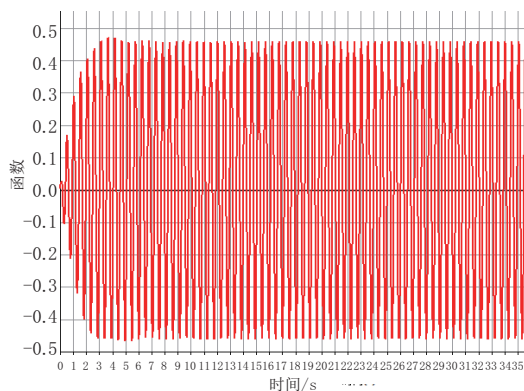


图 14 正对称模态跨中加速度响应(加装 TMD 后)

表 4 减震效果对比

敏感 模态	频率 /Hz	敏感 位置	加速度响应 $/(m \cdot s^{-2})$				加速度 限值/ $(m \cdot s^{-2})$
			原结构	舒适度	加装 TMD 后	舒适度	
反对称	1.86	四分点	3.9	CL4	0.51	CL2	0.68
正对称	1.91	跨中	4.8	CL4	0.45	CL1	0.69

容较为简单苛刻,不适应国内大跨度纤柔的人行桥设计需求。

(2)当大跨度人行桥固有频率落在人行敏感频率范围内时,可通过设置调谐质量阻尼器来有效降低结构的动力响应。

参考文献:

- [1] 费梁.大跨径钢结构人行桥人致振动分析与控制[D].南京:东南大学,2018.
- [2] 陈政清,华旭刚.人行桥的振动与动力设计[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [3] 袁旭斌.人行桥人致振动特性研究[D].上海:同济大学,2006.

(上接第 81 页)

用下梁端的剪力值最大,即吊机前脚每个支撑点受力 453 kN,后脚每个支撑点受力 102 kN。

考虑靠近支座处横向分布系数较大,接近单板受力,取吊车荷载作用下板梁最大剪力为 453 kN。

板梁抗剪承载力约为 324 kN,板梁自重作用下剪力 122 kN,单块板的可承受的汽车荷载剪力约为 202 kN,需 $453/202=2.2$ 块板梁提供抗剪承载力。因此吊机支脚位置需设置横向分配梁做荷载分配,横向分配梁长度按不小于 3.0 m 设置。

3.2.3 承载能力验算结论

拆除、吊装运输过程中,既有中幅桥板梁抗弯承载能力满足要求;单片梁抗剪能力不足,吊机支脚位

置需设置横向分配梁,分配梁长度按不小于 3.0 m 设置。

4 结 语

海宁桥改建工程采用拆除中幅桥上部结构和盖梁,拓宽中幅桥的改建方案。拆除吊装方案的确定考虑起吊能力、工作条件、拆建结合等多方面因素,并结合既有板梁承载能力的加载效率比较结果编制方案,有效缩短项目总工期、降低工程总投资,最终顺利完成桥梁的拆建工作。开放交通一年多,各方面运营指标良好,对类似工程具有一定的借鉴意义。