

铁路连续刚构桥设计优化分析

潘文涛

(中铁上海设计院集团有限公司, 上海 200000)

摘要: 高速铁路对于桥梁变形要求较高, 在设计时应保证桥梁的收缩徐变挠度和活载挠度均满足铁路设计规范的相关要求, 同时要保证梁体跨中上下缘的应力储备, 确保后期运营中铁路的安全。预应力混凝土连续刚构为铁路设计中非常规设计结构, 在实际应用中存在较多的设计影响因素, 对结构设计影响较大。其中连续刚构桥墩墩身的构造对桥梁方案的设计具有较大的影响, 常用的桥墩结构形式有矩形空心墩和双肢薄壁墩两种结构形式。结合连续刚构的 BSAS 计算模型, 分析在运营荷载下的桥墩墩顶位移和主梁的应力状态, 通过比较桥墩采用空心墩和双肢薄壁墩方案下主梁受力的分析比较, 提出了桥墩构造的优化方案, 为同类型铁路桥梁的设计提供参考和借鉴。

关键词: 高速铁路; 连续刚构; 空心墩; 双肢薄壁墩

中图分类号: U44 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0097—03

1 概述

某铁路桥为 (75+128+75) m 预应力混凝土连续刚构。连续刚构桥平面位于直线上, 设计荷载为 ZK 荷载。上部构造悬浇施工, 箱梁等宽变高, 采用单箱单室直腹板截面。中支点根部梁高 9.686m, 边支点及中跨跨中梁高 5.686m, 箱梁顶板宽 12.2m, 底板宽 6.7m。主墩墩身高度分别为 23.0m、21.5m; 承台尺寸为 15.2m × 11.2m × 4m。基础采用 12 根直径 2.0m 的钻孔灌注桩, 按嵌岩桩设计。

2 结构受力分析

2.1 桥梁结构建模

根据初步设计提供资料, 桥梁计算跨度 (75+128+75) m, 支座中心到梁端 0.75m, 桥梁全长 279.5m。连续刚构主墩采用矩形空心墩, 刚构主墩墩身高度分别为 23m、21.5m。初步设计拟定主墩下部构造为矩形空心墩, 墩身尺寸 8.4m (横桥向) × 7m (顺桥向), 壁厚 1.35m。矩形空心墩一般断面如图 1。

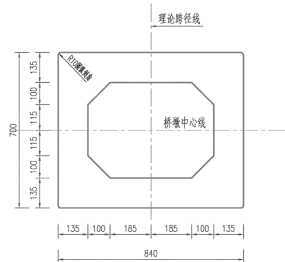


图 1 矩形空心墩横断面 (单位: 厘米)

本文采用桥梁结构分析系统 BSAS 软件建立结构分析模型, 全桥共划分为 137 个单元, 共计 140 个节点,

其中主桥梁单元 94 个。主墩墩梁固结, 桩基采用等效矩形截面模拟, 桩底固结, 桩顶设置侧向约束。BSAS 结构计算模型如图 2。

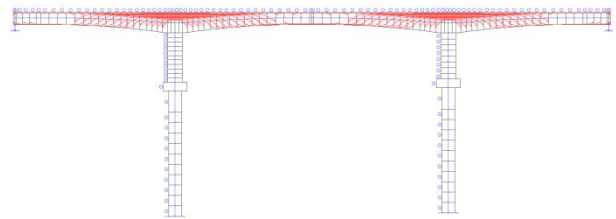


图 2 BSAS 计算模型

2.2 计算分析结果

本项目通过模拟悬浇施工的过程, 悬浇筑篮荷载按照 100t 设计, 悬浇梁段按照单元施工→张拉预应力→移挂篮的顺序进行施工过程模拟, 中跨合龙前对已浇筑梁体对称施加对顶力。梁体中跨跨中控制截面主要计算结果如表 1。

表 1 梁体应力计算结果 (跨中控制截面)

项目	主力+附加力
上缘/下缘最小应力(MPa)	3.37/0.37
主压/主拉应力(MPa)	9.01/-1.41
剪应力(MPa)	0.57
正截面强度安全系数	3.42 (大偏心受拉)
抗裂安全系数	1.30

由表 1 可以看出: 在主力 + 附加力组合工况下, 中跨跨中的应力均能满足规范要求, 且有一定的应力储备。但是在对梁体进行正截面强度安全系数进行检算时, 程序给出的中跨跨中截面检算结果强度不满足规范要求, 且判定截面的受力特点为大偏心受拉构件。连续刚构上部构件为受弯构件, 出现大偏心受拉, 意味着梁体轴向

内力为拉力。连续刚构出现上部结构轴向拉力的主要因素有温度、钢束的次效应、收缩徐变等。对本项目中跨的轴向内力进行单项分析,在恒载、温度、沉降等工况下,中跨均出现了轴向拉力,各工况下的轴向内力如表2。

表2 梁体分项荷载下轴向内力(单位:kN)

项目	轴向内力(受拉为正,受压为负)
恒载	5962.07
整体升温	-7268.92
整体降温	7268.92
非线性降温	1220.27
沉降	1857.78

由表2可以看出,在恒载和温度作用下中跨梁体出现较大的轴向拉力,该轴向拉力应为正截面强度安全验算中出现大偏心受拉构件的主要原因。对恒载下轴向内力的产生原因进行分析,主要是由梁体收缩徐变和钢束次效应产生。结合恒载下墩顶顺桥向位移分别为4.94mm和-4.86mm,认为产生较大轴向拉力的原因为桥墩刚度较大,在钢束次效应和梁体收缩徐变效应下的墩顶变形和梁体变形协调,梁体因此产生较大的轴向拉力。

2.3 调整空心墩壁厚方案

考虑到初步设计阶段桥墩的壁厚为1.35m,尺寸较大,可以通过调整壁厚来降低桥墩刚度,对梁体纵向受力较为有利。调整后墩身壁厚按照0.65m考虑。对下部结构尺寸进行调整后,维持原上部结构尺寸及纵向预应力钢束的布置,经计算恒载工况下中跨仍出现了较大的轴向拉力,轴向拉力值为5367kN,相比1.35m壁厚尺寸下的轴向拉力有所减小。恒载下墩顶顺桥向位移分别为3.72mm和-3.82mm。

通过比较两种桥墩壁厚尺寸下的计算结果,调整空心墩的壁厚对结构的影响较小,主要影响因素为空心墩的刚度较大,主梁受桥墩刚度影响,产生较大的轴向拉力,对结构不利,需要对桥墩构造进行优化设计。

3 桥墩结构方案优化

考虑到矩形空心墩的刚度较大,对结构受力不利,因此拟采用双肢薄壁墩。按双肢薄壁墩建立计算模型,墩身与主梁固结,桩基采用等效矩形截面模拟,桩底固结,桩顶设置侧向约束。初步拟定两种不同方案的桥墩尺寸:①壁厚1.6m,双肢间距5.4m;②壁厚1.4m,双肢间距5.4m。经计算,梁体主力+附加力组合下主要计算结果对比如表3。

表3 梁体应力计算结果(双肢薄壁墩)

项目(主+附组合)	方案①	方案②
上缘最小应力(MPa)	1.14	1.14
下缘最小应力(MPa)	0.46	0.89
最大主压应力(MPa)	15.78	15.13
最大主拉应力(MPa)	-2.13	-1.91
最大剪应力(MPa)	3.23	3.17
正截面强度安全系数	2.07	2.15
抗裂安全系数	1.35	1.42

根据以上对比结果,双肢间距5.4m时,桥梁结构受力较空心墩方案有较为明显的改善,且中跨受力检算未出现偏心受拉构件。根据以上计算模型的桥墩内力和施工阶段弯矩,经优化计算后最终确定桥墩壁厚1.4m,间距5.6m。优化后桥墩构造如图3,梁体主要计算结果如表4。

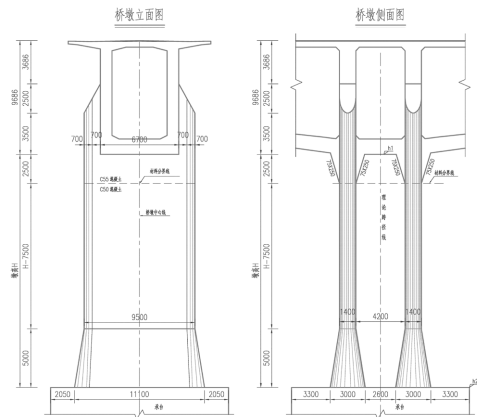


图3 双肢薄壁桥墩构造图(单位:mm)

表4 梁体应力计算结果(双肢薄壁墩)

项目	主力	主力+附加力
上缘最小应力(MPa)	2.41	1.14
下缘最小应力(MPa)	1.58	1.02
最大主压应力(MPa)	14.93	15.15
最大主拉应力(MPa)	-1.76	-1.93
最大剪应力(MPa)	3.18	3.18
正截面强度安全系数	2.21	2.14
抗裂安全系数	1.58	1.42

主墩构造改为双肢薄壁墩后,梁部整体应力状态较好,恒载工况下中跨并未出现轴向拉力,主梁及桥墩各项检算均能满足相关规范要求,中跨截面强度检算截面受力特点亦为受弯构件。

4 结语

预应力混凝土连续刚构设计中,主墩的构造设计对主梁的受力状态影响较大,主墩刚度过大对导致梁体出现轴向拉力,对结构受力不利。在进行连续刚构设计时,

深中通道桥梁工程施工期航标设计研究

闫科谛, 刘强, 胡鹏

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 跨海大桥工程施工区域占用水上空间大, 周边通航条件复杂, 需要通过合理布置助航标志降低安全风险。本文结合深中通道项目工程实例, 以兼顾施工作业与船舶通航安全为原则, 对桥梁工程施工水域航标配布设计开展研究, 分析影响施工区域布标的要素, 提出布标方案, 总结设计要点, 为相似工程提供借鉴与参考。

关键词: 跨海大桥; 深中通道; 施工期; 航标; 通航安全

中图分类号: U44 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2023) 03—0099—03

随着我国交通行业的发展, 各种跨海大桥、海底隧道等大型水上工程越来越多, 桥梁工程施工期间通常会占用一部分通航水域。如何保障施工作业与通航安全是施工期间需要考虑的重要问题。航标是帮助引导船舶航行、定位和标示碍航物与表示警告的人工标志。在桥梁施工期间合理布置助航标志对施工作业及船舶通航安全有重要意义。

目前国内外关于桥梁通航助航设施设计的相关规范及研究主要针对运营期, 施工期的航标配布设计尚无具体规范, 对此类问题的研究也较少。《海区浮动助航标志配布导则》规定, 海上作业区影响船舶通航安全的, 应在作业区周边或靠近航道(路)一侧适当位置设置海上作业区专用标志^[1], 但对专用标志的设置要求并未详细规定。黄炎潮、谢华东对港珠澳大桥施工期间龙鼓西水道临时航路的航标设计进行了研究^[2]。李勤荣对深中通道施工及营运期间的航标布设方案进行了初步研究^[3], 但由于其论文发表时深中通道施工并未全面开展, 故文中提出的方案偏向于理论性指导, 与实际情况有所差别。

本文结合深中通道桥梁工程建设实例, 对跨海大桥施工期施工水域航标配布设计进行研究, 总结实践经验,

为今后类似工程提供借鉴和参考。

1 工程概况

深中通道项目全长约 24km, 其中桥梁工程全长 15.43km, 共 157 个桥墩。主要包括东泄洪区非通航孔桥、伶仃洋大桥、西泄洪区非通航孔桥、跨浅滩区非通航孔桥、中山大桥几部分。自东向西分为 S04 ~ S06 三个施工标段。

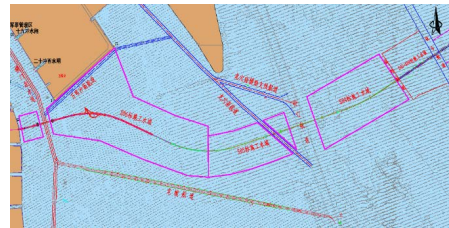


图 1 深中通道桥梁工程施工水域及通航环境平面图

2 工程建设区域船舶交通环境分析

桥梁工程施工区域跨越多条航道, 深中通道施工水域附近航道的日交通量如下表所示。通过数据统计及船舶 AIS 轨迹图可知, 施工水域及周边区域船舶交通量较大, 且航行方向不集中, 部分区域船舶航行随意性较大。施工水域通航条件非常复杂, 如何合理布置助航标志对

应结合桥梁的跨度及墩身高度进行综合选择, 对于跨度较大、主墩墩身高度较小时, 应尽量选刚度较小的构造, 避免梁体出现偏心受拉构件; 对于高墩的连续刚构, 则宜采用刚度较大的构造。

参考文献:

[1] 延力强; 高速铁路矮墩大跨连续刚构拱桥设计研究 [J];

铁道标准设计; 2016, 60(3): 56-60

[2] 李明; 连续刚构双薄壁矮墩的设计参数研究 [J]; 中国水运; 2021, 21(6): 127-128

[3] 钟亚伟, 陈思孝, 向律惜; 铁路大跨双薄壁矮墩连续刚构桥设计研究 [J]; 高速铁路技术; 2018, 9(3): 59-62