

钢—混结合梁大边跨连续箱梁桥总体设计

杨胜

(河南省交通规划设计研究院股份有限公司, 河南 郑州 450052)

摘要:为探明大边跨多孔连续箱梁桥总体设计方法,以孙口黄河特大桥为研究对象,考虑桥梁结构分联、施工方法及工程经济性等具体要求,提出3种比选方案,并对推荐方案进行了上部结构、下部结构、桥面铺装及施工方案的总体设计。采用桥梁专用有限元软件Midas/Civil 2015,建立了推荐方案典型联的整体计算分析模型,进行了结构安全验算。结果表明:桥梁推荐方案总体设计满足规范规程要求。

关键词:连续箱梁桥;大边跨;钢—混凝土结合梁;混合梁;总体设计

预应力混凝土连续箱梁桥以其良好的抗扭工作性能和成熟的施工技术,在中国桥梁建设中得到广泛应用,当采用多跨连续布置时,为平衡恒载下边跨和主跨结构的受力,边跨与主跨的跨径比值一般取0.5~0.7。当边跨与主跨的跨径比小于0.5时,往往采用边跨配重的方式解决恒载下主梁受力不均衡问题,然而边跨与主跨的跨径比远大于0.7时,如何有效改善边跨主梁在恒载下的受力性能成为桥梁结构设计的关键环节,尚未见相关问题的研究报道。

孙口黄河特大桥位于河南省台前县孙口镇与梁山县赵垌堆乡之间,京九铁路黄河大桥下游230 m处,属G342线上的控制性重点工程项目。该项目的建成通车可以从根本上打破长期困扰豫东北、鲁西南地区的公路交通瓶颈,对完善路网结构、促进黄河两岸人流物流便捷通行、推动中原经济区建设、加快台前脱贫步伐等均具有重要意义。因距离京九铁路黄河大桥较近,为减少对黄河水流的影响,要求该桥的跨径布置与相邻的京九铁路桥跨径布置一致,即:四联 4×108.36 m的下承式钢桁梁桥。考虑桥梁结构的总长度,需要对其进行重新分联,分联后中联的边跨与中跨的跨径比值为1,将对桥梁结构受力产生不利影响,有必要开展相关研究工作。

该文以孙口黄河特大桥为研究对象,探明大边跨连续箱梁桥设计的可选方案,分析各方案特点以及对桥梁整体结构性能的影响,提出大边跨钢—混凝土混合梁的设计方案,并开展上部结构、下部结构、桥面铺装及施工方案的设计工作。

1 方案选择

根据桥梁总跨径及跨径布置情况,考虑桥梁结构分联、施工方法及工程经济性,提出了3种类型的桥梁结构设计方案,进行技术、经济比选。

1.1 带挂梁的预应力混凝土连续箱梁桥

考虑技术成熟、造价低、施工方便等因素,将桥梁结构分为三联,各联间采用挂梁过渡,跨径布置为: $(60.2 + 4 \times 108.36 + 73.36)$ m + 70 m + $(73.36 + 4 \times 108.36 + 73.36)$ m + 70 m + $(73.36 + 4 \times 108.36 + 64.2)$ m。通过调查运营中带挂梁的预应力混凝土连续箱梁桥表明:该方案结构简单、受力明确、施工方便、经济性好。但在混凝土的长期收缩徐变作用下和汽车荷载的冲击作用下,主梁悬臂部分下挠明显,从而导致悬臂端与挂梁间形成折角,增大冲击作用,使得伸缩缝的处理和养护比较困难,严重影响行车舒适性。由于该桥位于G342国道上,设计标准较高,交通量大且重型交通比例多,故不建议采用该方案。

1.2 钢—混凝土组合梁桥

将全桥分为三联,跨径布置为: $(60.2 + 5 \times 108.36)$ m + 6×108.36 m + $(5 \times 108.36 + 64.2)$ m。其中108.36 m大边跨采用钢—混凝土组合梁来保证结构刚度,减小其自重,确保在恒载下桥梁结构整体受力合理。计算表明:边跨钢—混凝土组合钢箱梁部分较长(约85 m),不利于次边跨混凝土箱梁对称悬臂现浇施工开展,因预制混凝土桥面板工程量少,且需要预

留预应力钢筋孔道,也增大施工难度,经济优势并不明显,不建议该方案。

1.3 钢—混凝土混合梁桥

桥梁结构分联情况同钢—混凝土组合梁桥,桥型布置如图 1 所示。计算表明:边跨钢—混凝土组合箱梁部分长 68 m,次边跨混凝土箱梁浇筑可以对称悬

臂现浇施工至 10 号梁段,对悬臂现浇混凝土结构的影响小,钢混结合段设计施工技术比较成熟,已经在东莞水道桥、九江长江大桥、舟山桃夭门大桥、佛山平胜大桥、重庆石板坡大桥、鸭池河大桥、诸永高速公路鸥江大桥等多座斜拉桥、连续箱梁桥上得到成功运用,故推荐采用该方案。

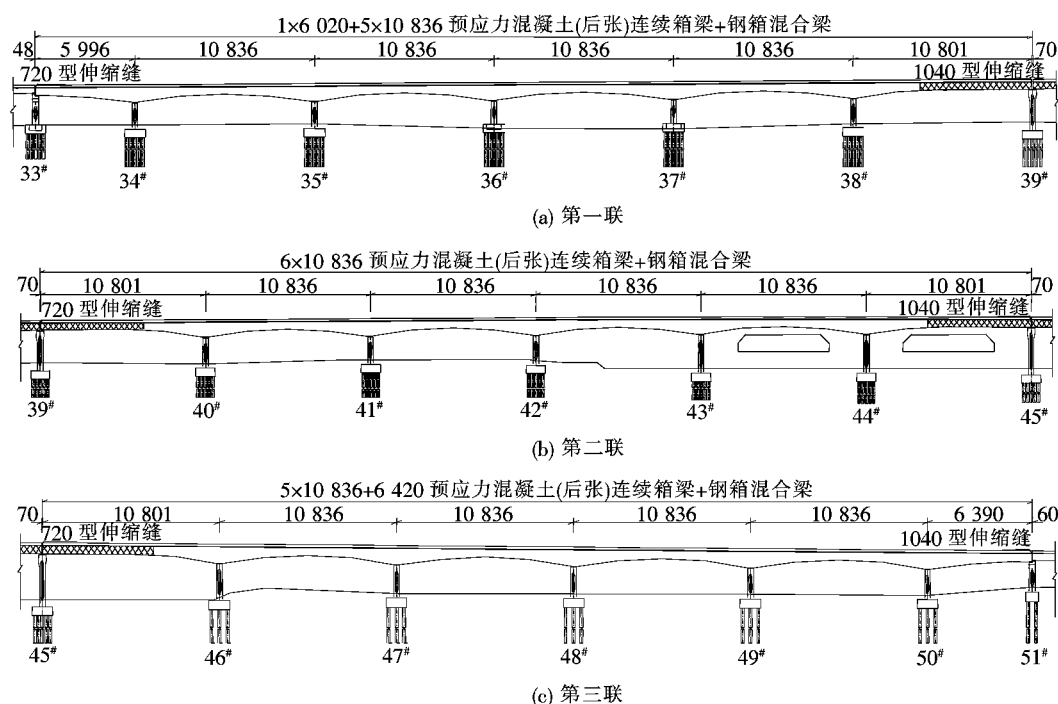


图 1 钢—混凝土混合梁方案桥型图(单位:cm)

2 结构设计

2.1 上部结构设计

混凝土箱梁混凝土标号为 C60,采用单箱单室截面,箱梁顶板宽 16.31 m,底板宽 8.25 m,翼缘悬臂长 4.03 m,支点梁高 7.0 m,跨中梁高 3.5 m,梁底采用二

次抛物线。箱梁顶板厚 0.35 m,底板厚 0.35~0.88 m,腹板厚 0.6~0.8 m,悬臂板根部厚 0.8 m,端部厚 0.2 m。主梁 0 号节段长 13.36 m,箱梁单“T”共分 13 个悬臂浇筑段。混凝土箱梁采用三向预应力结构体系,纵向预应力钢束采用 M15-19 和 M15-22 两种类型,横向预应力钢束采用 BM15-2,竖向预应力钢筋采用 M15-3。混凝土箱梁跨中横断面如图 2 所示。

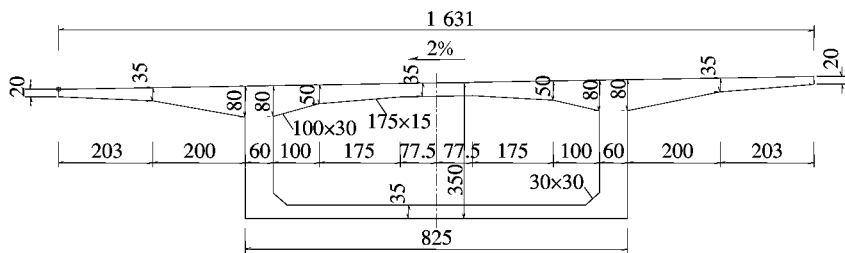


图 2 混凝土箱梁跨中横断面(单位:cm)

钢箱梁材料采用 Q390qD,采用单箱双室截面,箱梁顶板宽 16.31 m,底板宽 8.25 m,钢箱梁高度 3.836 m,翼缘悬臂长 4.03 m,钢箱梁典型断面如图 3 所示。

工厂制作节段长度为 4.3.9 和 3.34 m 共 3 种类型,钢箱梁顶板厚度 18、26 mm,腹板厚度为 20、24、28 mm,底板厚度为 24、30 mm,顶板 U 肋厚度为 10 mm,底

凝土主梁桥面铺装采用 4 cm 细粒式改性沥青混凝土 + 6 cm 中粒式沥青混凝土,并设置 7 cm 厚 C50 混凝土调平层;钢箱梁部分桥面布置采用 3.5 cm 改性沥青 SMA-10+3.5 cm 浇筑式沥青混凝土。

3 桥梁施工方案

搭设便桥和钻孔平台,施工主墩基础,桩基础采用钻孔灌注桩。插打钢板桩围堰,开挖基坑施工承台,墩身采用模板现浇施工。

主墩施工完成后,先在墩旁搭设托架,在托架上施工主梁 0[#] 节段,然后在 0[#] 节段上拼装挂篮,对称悬浇各节段主梁,形成临时 T 形刚构;主桥跨径 60、64 m 边跨搭设边跨现浇段膺架,采用支架现浇。

由于存在计算跨径为 108 m 大边跨,主桥边跨两侧分别为钢—混凝土混合梁、混凝土梁,悬浇 T 构两侧主梁的材料、长度均存在很大差异,悬浇 T 构存在严重的不平衡问题。为保证施工安全,采取如下施工工序:悬浇 T 构先对称施工至钢—混凝土结合段→吊装钢—混凝土结合段→同时在钢箱分段处施工临时支墩→由支

座端向钢—混凝土结合段逐段架设钢箱梁→先合龙边跨,再合龙中跨。

4 设计验算

以第一联为研究对象,采用桥梁专用有限元分析软件 Midas/Civil 2015 建立包括上部结构、下部结构的有限元模型,如图 5 所示。其中主梁、墩、承台、桩基础均采用梁单元模拟,支座顶节点与主梁节点采用主从约束模拟,支座采用弹性连接模拟,桩基础与土体采用土弹簧模拟。安全验算结果如表 1 所示。由表 1 可知:桥梁设计满足规范规程要求。

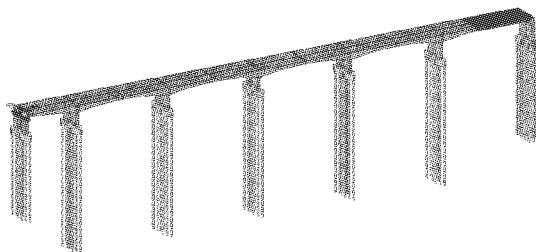


图 5 有限元模型

表 1 安全验算结果

项目	跨中最小 底板压应 力/MPa	正截面最 大压应 力/MPa	斜截面 主压应 力/MPa	正截面 抗裂 验算	斜截面 抗裂 验算	跨中最大 抗弯承载 力富余度	墩顶最大 抗剪承载 力富余度	钢主梁抗 拉、压及弯应 力极值/MPa	钢主梁抗 剪应力极 值/MPa
设计值	2.0	19.13	19.13	0.15	-0.91	1.07	1.70	271.4	53.8
容许值	0	19.25	23.10	0	-1.14	1.00	1.00	295.0	170.0

5 结语

为探明大边跨多孔连续梁桥总体设计方法,以孙口黄河特大桥为研究对象,考虑施工方便、工程造价低、耐久性等因素,通过 3 种结构方案比选,提出大边跨采用钢—混凝土混合梁设计方案,并进行了结构构造设计和安全验算,结果表明推荐方案总体设计满足技术先进、安全可靠、适用耐久和经济合理的要求。

参考文献:

[1] 李晓克,刘世明,杨竹林.预应力混凝土连续箱梁桥设计实例分析[M].北京:中国电力出版社,2014.

- [2] 贺立新,宋雷.德国钢—混组合结构桥梁设计与施工[J].中外公路,2015(5).
- [3] 刘静,李睿林.预应力混凝土桥梁概念设计[J].中外公路,2015(S1).
- [4] 郭红雨.汶川大地震后四川绵茂公路桥梁的设计与分析[J].中外公路,2014(2).
- [5] 薛宏强,徐志杰,葛晗.曲线形钢箱梁制作技术[J].公路,2013(9).
- [6] JTG D64—2015 公路钢结构桥梁设计规范[S].
- [7] JTG D60—2015 公路桥涵设计通用规范[S].
- [8] JTG D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力桥涵设计规范[S].
- [9] JTG/T F51—2011 公路桥涵设计通用规范[S].