

长联多跨低墩刚构-连续梁组合梁桥合龙顺序研究

李保俊

(山西省交通科学研究院,山西太原 030006)

摘要:以晋蒙黄河大桥工程为背景,讨论了不同合龙顺序对长联大跨低墩刚构-连续梁组合梁桥的受力影响,并针对该类桥梁提出了科学合理的合龙顺序确定原则。按照该原则确定合龙顺序可使主梁在运营状态下受力更为均匀合理,对类似桥梁合龙顺序的确定具有一定的参考价值。

关键词:刚构连续梁组合梁桥;悬臂施工;合龙顺序;施工过程分析

中图分类号:U213.2+32 **文献标志码:**A **文章编号:**2095-0373(2016)02-0028-05

0 引言

刚构-连续梁组合梁桥综合了刚构桥和连续梁桥各自的优点^[1],如桥面连续、充分发挥了桥墩的作用、减少大吨位支座的数量等,在大跨径桥梁中具有很强竞争力。悬臂施工过程中,合龙束的张拉会对相邻跨的应力产生影响,采用不同的合龙顺序施工将得到不同的成桥内力状态^[2]。虽然目前已有文献对连续梁、连续刚构以及刚构-连续梁组合梁桥的合龙顺序作了一定研究^[2-5],但都是针对具体的工程通过对不同合龙顺序进行对比,给出适合该工程的最优合龙顺序,并没有给出最优合龙顺序的确定原则。且文献中的刚构-连续梁组合梁桥的桥墩均较高,固结墩对主梁的约束刚度较小,各跨竖向刚度相差并不大,不同的合龙顺序对主梁的内力影响并不大,所谓最优的合龙顺序可能只是最节约施工时间的顺序^[2]。

对于长联多跨低墩刚构-连续梁组合梁桥,由于低墩的转动刚度大,加强了对梁的约束,使得各跨竖向刚度差异加大,合龙顺序的不同会对结构的内力和位移产生较大影响,合龙顺序的选择会上升至同钢束型号选择、合龙顶推力、压重等相同的地位,成为工程师手中调整主梁内力状态的有效手段之一。

1 工程概况

晋蒙黄河大桥是连接山西河曲和内蒙鄂尔多斯的一座特大型桥梁,其中主桥全长 1 393.2 m,分幅布置,跨径设置为 82.3+152×4+82.3(第一联)+82.3+152×3+82.3(第二联),刚构-连续梁组合体系。主梁为单箱单室变高截面,根部梁高 9.5 m,高跨比为 $9.5/152=1/16$,跨中梁高 3.4 m,高跨比为 $3.4/152=1/44.7$,梁高呈 1.7 次抛物线变化;顶板宽 15.55 m,厚 0.32 m,在根部加强为 0.5 m;底板宽 8 m,厚度 0.32~0.9 m,呈 1.7 次变化,在根部加强为 1.2 m;腹板分为 0.5 m 和 0.7 m 两种,在根部加强为 1.05 m,主梁截面见图 1。桥墩均采用空心薄壁墩,各墩的横断面见图 2,第一联的墩高以及墩梁相互关系见图 3。为方便下文描述,约定两端均为固结的梁跨为刚构跨;一端固结,一端为支座的梁跨为刚构-连续跨;两端均为支座的梁跨为连续跨。

2 模型计算

2.1 模型建立

收稿日期:2015-05-06 责任编辑:刘宪福 DOI:10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2016.02.06

作者简介:李保俊(1986-),男,硕士研究生,工程师,主要从事桥梁设计的工作。E-mail:552399049@qq.com

李保俊.长联多跨低墩刚构-连续梁组合梁桥合龙顺序研究[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2016,29(2):28-32.

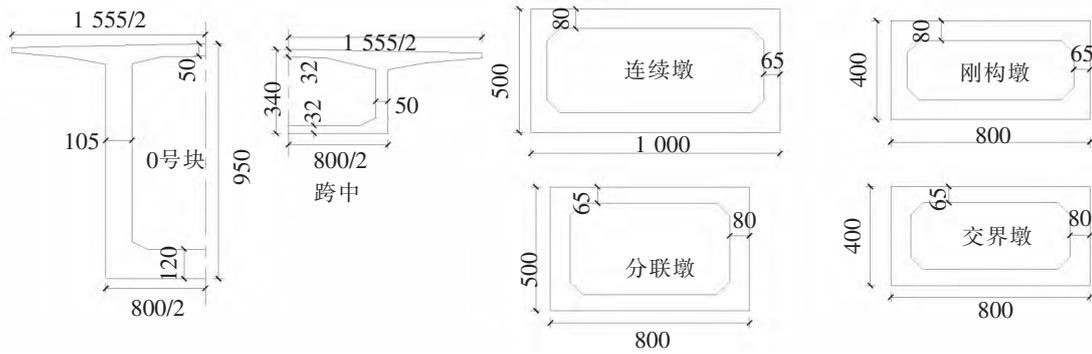


图 1 主梁横断面(单位:cm)

图 2 桥墩横断面(单位:cm)

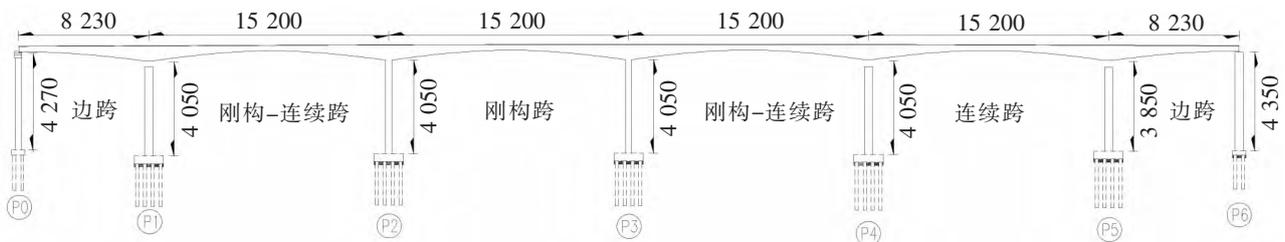


图 3 墩梁关系示意图(单位:cm)

为了研究合龙顺序对结构受力状态的影响,依照图纸中各构件的实际尺寸,利用《MIDAS Civil 2012》有限元软件建立晋蒙黄河大桥第一联的整体有限元模型,见图 4。在该模型中,桥墩和主梁均采用梁单元模拟,全桥梁单元共计 316 个,其中主梁 226 个,材料为 C55,桥墩 90 个,材料为 C50。墩梁固结通过刚臂来模拟,墩梁间的支座采用弹性连接来模拟,墩底均按照固结来处理。

2.2 荷载取值

自重:按照材料容重的 1.04 倍来考虑。

二期:栏杆+调平层+沥青铺装层=2×0.5×26+14.75×(0.1×26+0.1×24)=99.75 (kN/m)。

施工过程中的挂篮、机具、人员等 (120 t/套)。

收缩徐变:收缩徐变系数按规范(JTG D62—2004)取值,墩以及主梁各节段的激活龄期均为 7 d。

预应力:钢绞线材料为 strand1860,松弛系数 0.3,管道摩擦系数 0.2,局部偏差系数 0.001 5 (1/m),锚具变形,钢筋回缩、接缝压缩量为 6 mm(一端)。

整体升降温:合龙温度 10~15 ℃,整体升温 25 ℃,整体降温 -40 ℃。

温度梯度:正负温差 $T_1=14$ ℃, $T_2=5.5$ ℃;负温差 $T_1=-7$ ℃, $T_2=-2.75$ ℃。

风荷载:运营风取桥面处风速 25 m/s;极限风取基本风速 32.7 m/s。

不均匀沉降:主墩墩底沉降值取 20 mm,分联墩及分界墩墩底沉降值取 10 mm。

活载:按照《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60—2004)取值,其中:车道数为 4,横向折减系数 0.67,偏载系数取 1.15,冲击效应系数取 1.05。

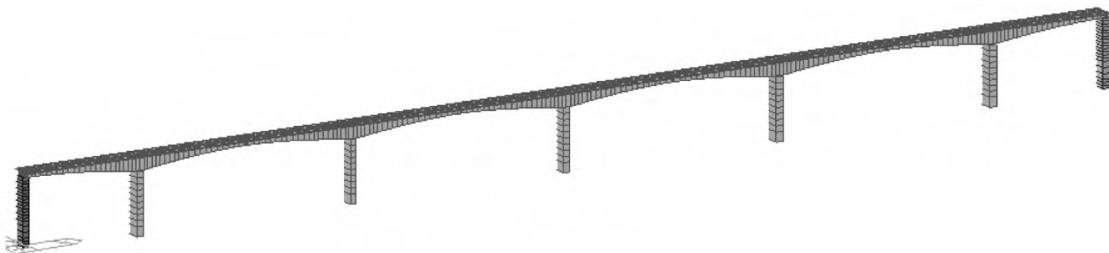


图 4 晋蒙黄河大桥第一联整体有限元模型

2.3 各跨刚度差异

主梁在活载作用下的挠度和应力见图 5、图 6。在活载作用下,刚构跨跨中的最大挠度为 -48.1 mm ,跨中底板最大拉力应力为 3.4 MPa ;而连续跨的最大挠度为 -67.8 mm ,跨中底板最大拉力应力为 4.6 MPa 。连续跨挠度是刚构跨的 1.41 倍,底板应力是刚构跨的 1.35 倍,说明该桥的固结墩较低,对主梁提供了较大的转动约束刚度。

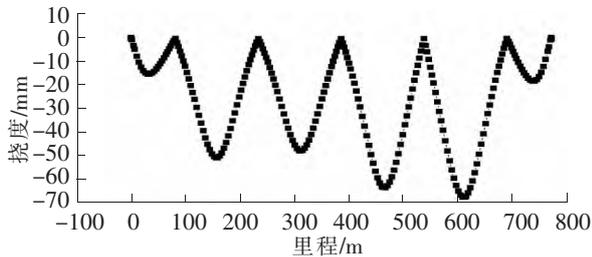


图 5 活载作用下主梁最大竖向挠度

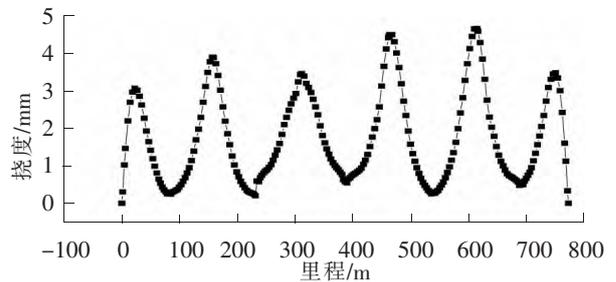


图 6 活载作用下主梁下缘最大拉应力

2.4 传统合龙顺序

大跨度刚构-连续梁组合体系一般采用悬臂法施工^[6-8],本桥的具体施工顺序为:①桥墩就位→②0号块施工→③待0号块龄期达到7d时张拉0号块钢束并设置临时转动约束→④安装挂篮,浇筑1号块混凝土→⑤待1号块龄期达到7d时张拉1号块钢束,移动挂篮至下一节段→⑥浇筑2号块混凝土→⑦待2号块龄期达到7d时张拉2号块钢束,移动挂篮至下一节段→⑧重复步骤⑥~⑦至最大悬臂→⑨按照一定顺序合龙各跨→⑩施加二期,以及10a收缩徐变。需要说明的是,在合龙过程中挂篮作为有益压重暂不拆除,待一联全部合龙后方可拆除;临时转动约束的拆除原则:如果拆除某墩的临时约束不会导致结构变成机构,则尽早拆除。

传统的合龙顺序一般为:先合龙边跨,再向内侧逐步合龙,如图7。在这样的合龙顺序下,全桥合龙并拆除挂篮后,主梁下缘应力见图8,短期组合主梁下缘应力见图9,由图可见,刚构跨主梁底板的压应力水平是最高的,而连续跨底板的压应力水平却较低,这明显不符合各跨底板压应力储备需求的特点:活载作用下,刚构跨底板拉应力最低,需要的压应力储备也最低;而连续跨底板拉应力最高,需要的压应力储备也最高。

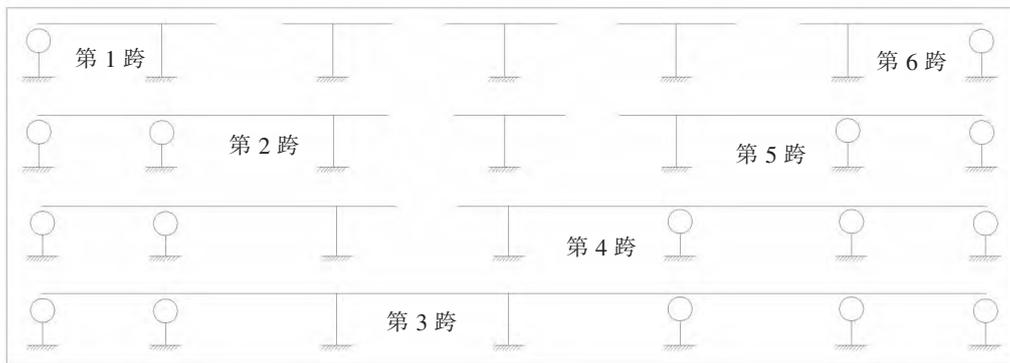


图 7 传统合龙顺序示意图

2.5 合龙顺序的优化

对于长联多跨的桥梁,某跨底板束张拉时,其二次效应会使相邻跨的底板产生一定的拉应力,利用这个特点,我们可以先合龙对底板压应力储备需求小的梁跨,后合龙需求大的梁跨,这样后合龙跨的底板压应力储备就会大于先合龙跨,从而使得在运营状态下各跨的底板应力达到较为均匀的水平。遵循这样的原则,在预应力底板束型号不变的条件,对晋蒙黄河大桥合龙顺序进行优化:先合龙刚度大的刚构跨,最后合龙刚度小的连续跨,优化后的具体顺序见图10。全桥合龙并拆除挂篮后,主梁底板应力见图11,短期组合主梁下缘应力见图12。与图8对比可以发现:优化合龙顺序后,刚构跨底板压应力小了,而连续跨

底板压应力变大了。

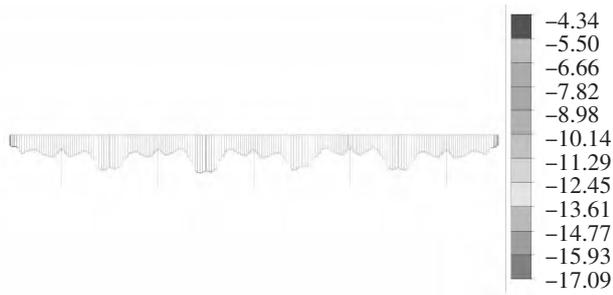


图 8 (传统顺序)合龙后主梁下缘应力(单位:MPa)



图 9 (传统顺序)短期组合主梁下缘应力(单位:MPa)

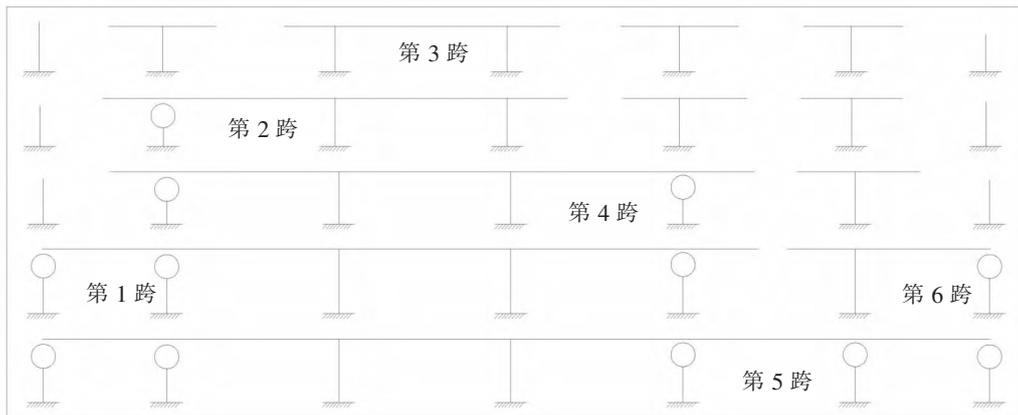


图 10 优化后的合龙顺序示意图

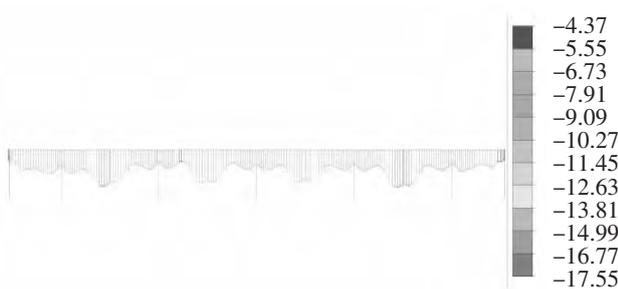


图 11 (优化顺序)合龙后主梁下缘应力(单位:MPa)



图 12 (优化顺序)短期组合主梁下缘应力(单位:MPa)

2.6 不同合龙顺序对比

将不同合龙顺序下,主梁下缘的最小压应力列于表 1,其中,根据《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG D62—2004)第 6.3.1-2 条,短期组合下预应力效应打 8 折。可以看到优化合龙顺序后,对压应力储备要求高的第四跨主梁底缘应力在成桥状态由原来的 8.37 MPa 增长为 8.81 MPa,在短期组合下由原来的仅 0.55 MPa 增长为 0.76 MPa;对压应力储备要求最低的第二跨在成桥状态由原来的 9.34 MPa 降为 8.34 MPa,在短期组合下由原来的 1.78 MPa 降为了 0.91 MPa。

可见,如果本桥按照传统的合龙顺序合龙,则连续跨跨中底缘的应力稍显不足,而相比之下,刚构跨跨中底缘的应力储备是较大的。而经过合龙顺序的优化后,主梁内力发生了一定的重新分布,整个主梁的底缘应力均达到了较好的水平,而且也更为均匀一致。

表 1 不同合龙顺序下跨中底缘压应力

MPa

项次		主跨 1	主跨 2	主跨 3	主跨 4
成桥状态	传统顺序	8.39	9.34	8.62	8.37
	优化后	8.55	8.34	8.62	8.81
短期组合	传统顺序	1.40	1.78	1.43	0.55
	优化后	1.33	0.91	1.32	0.76

3 结论

(1) 刚构-连续梁组合体系各跨竖向刚度差异较大,在相同的荷载作用下,各跨的应力响应各不相同,为了使运营状态下主梁各跨应力均匀,避免某些梁跨底板出现压应力不足的问题,可以通过优化合龙顺序来调节。对于长联多跨刚构-连续梁组合梁桥,较为合理的合拢顺序应该是:先合龙刚构跨,再合龙刚构-连续跨,最后合龙边跨和连续跨,也即,先合龙大刚度跨,后合龙小刚度跨。

(2) 此外,也可采取差异化配束的方式予以调节。即,在各跨底板束大样相同的情况下,对不同的梁跨,采用不同的钢束型号:大刚度跨用小型号钢束,小刚度跨用大型号钢束。

(3) 必要时,可同时综合采用以上两种措施,以期达到更好的效果。

参 考 文 献

- [1] 巩春领, 消汝诚. 大跨径刚构-连续组合梁桥整体受力分析与探讨[J]. 结构工程师, 2004, 20(5): 14-19.
- [2] 黄芳, 王建竹. 五跨连续-刚构组合体系桥的合龙顺序对成桥状态的影响分析[J]. 建筑施工, 2011, 33(9): 868-869.
- [3] 孙全胜, 李大杰. 超长联大跨连续梁桥合龙顺序分析[J]. 世界桥梁, 2012, 40(5): 45-48.
- [4] 姚立志, 余钱华. 矮寨连续刚构桥合龙顺序分析及过程模拟计算[J]. 公路工程, 2012, 37(2): 4-7.
- [5] 刘沐宇, 杜细春. 多跨 PC 刚构-连续组合梁桥的合拢次序分析[J]. 武汉理工大学学报, 2007, 29(6): 107-110.
- [6] 唐重光. 大跨度预应力混凝土刚构-连续梁桥悬臂施工工艺研究[J]. 河南科学, 2006, 24(4): 582-585.
- [7] 徐建富. 多跨刚构连续梁组合桥上部结构施工监控[J]. 世界桥梁, 2011(4): 33-35.
- [8] 邓一郎, 邹恩杰. 某连续-刚构桥合龙顺序比较及合龙顶推力优化[J]. 山西交通科技, 2013, 4(2): 66-68.

Study on Closure Sequence of Long Unite and Large Span Rigid-Frame and Continuous Beam Combination Bridge with Low Pier

Li Baojun

(Shanxi Transportation Research Institute, Taiyuan 030006, China)

Abstract: Based on Jinmeng Yellow River Bridge, the influence of different closure sequences on final inner force status of long unite and large span rigid-frame and continuous beam combination bridge is discussed. The principle of determining the rational closure sequence is proposed for such kind of bridge. With the rational closure sequence determined by this principle, the stress states of the main girder can be more reasonable. This principle has reference value for the similar structure.

Key words: rigid-frame and continuous beam combination bridge; cantilever construction; closure sequence; analysis of construction process