

超长悬臂盖梁预应力张拉程序设计

金国海

(杭州地方铁路开发有限公司, 浙江 杭州 310009)

摘要: 预应力张拉程序设计是保证预应力张拉施工安全的重要环节。文中针对浙江某跨铁路桥的超长悬臂盖梁预应力张拉, 结合有限元分析法, 设计了 13 种不同张拉程序并对其进行数值模拟, 分析预应力张拉批次、箱梁荷载施加批次及张拉顺序对超长悬臂盖梁结构安全和施工便利性的影响, 设计出既满足结构安全又施工便捷的张拉程序。

关键词: 桥梁; 超长悬臂盖梁; 预应力; 张拉程序

中图分类号: U442.5

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)03-0140-04

城市高架桥是城市交通立体化发展的重要部分, 具有路面宽度大、车道幅数多的特点。为充分利用地面道路空间, 尽可能减少高架桥桥墩对地面道路行车视野的影响, 城市高架桥一般利用地面道路中央分隔带设置桥墩, 与之配套的桥墩盖梁具有悬臂长度大的特点, 其净长度已发展到 13 m 左右。因盖梁自重占总荷载的比例较小, 超长悬臂盖梁施工中存在诸多难点, 预应力张拉顺序对施工中结构安全有很大影响, 如果上缘未施加足够荷载, 则张拉过多的预应力束易造成盖梁下缘开裂; 如果上缘施加了荷载, 则张拉过少的预应力束易造成盖梁上缘开裂。制定合理的预应力张拉程序, 对保证超长悬臂盖梁的安全施工具有重要意义。浙江某跨铁路桥的悬臂净长达 13.385 m, 该文以该工程为例进行大悬臂盖梁预应力张拉程序设计。

1 工程概况

浙江省某上跨高速铁路立交桥的高架桥梁, 主跨为跨径 45 m、斜交 80° 的简支装配式小箱梁结构, 邻跨为一端斜交一端正交、中线跨径 28.3 m 的简支装配式小箱梁结构。桥墩设置于地面道路中央分隔带内(高速铁路跨越地面道路), 其中 10#、11# 桥墩盖梁为主跨与邻跨的交接墩。两墩柱中心距离 8.2 m, 净距 5.7 m, 盖梁总长达 37.469 m, 悬臂净长达 13.385 m, 宽 2.8 m, 最高达 4.069 m, 属于超长悬臂盖梁。盖梁立面见图 1。

因为大悬臂盖梁上缘架设 45 m 跨径小箱梁, 其恒载重量大、盖梁受力大。此外, 主跨小箱梁跨越高速铁路, 只允许在铁路运输天窗期进行架设施工。因此, 小箱梁必须集中架设, 不宜在架设期间张拉预

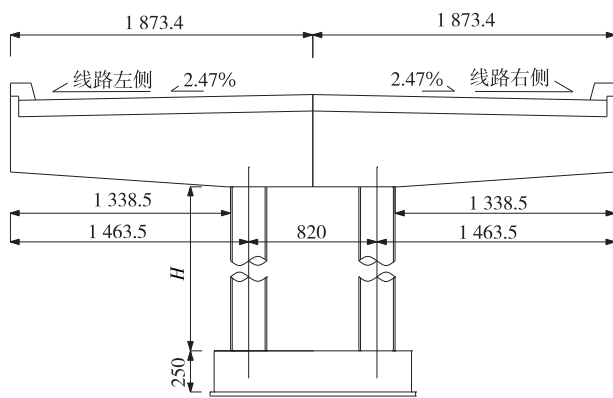


图 1 盖梁立面图(单位: cm)

应力。为保证盖梁施工中的安全, 同时兼顾施工便利性, 对预应力张拉程序进行优化设计。

2 预应力张拉程序比选

盖梁预应力钢束为每束 15 根 $\phi_{15.24}$ 低松弛钢绞线, 抗拉强度设计值为 1 860 MPa, 共计 3 排 13 束。盖梁立面及预应力束布置见图 2。

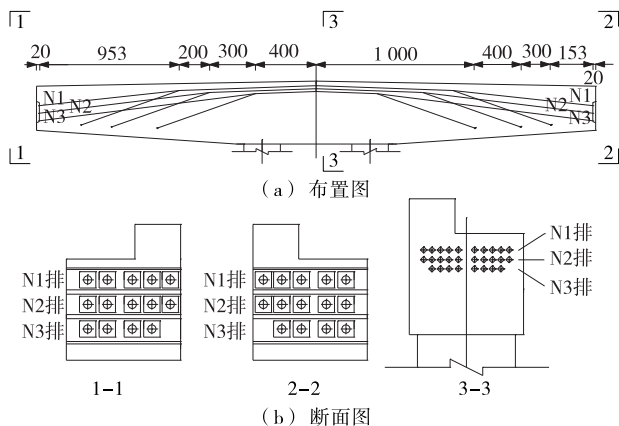


图 2 盖梁预应力束布置(单位: cm)

超长悬臂盖梁因其结构特殊,合理的张拉程序和上部结构加载程序设计非常关键,必须对张拉过程中的结构安全性与施工便利性进行分析。

2.1 张拉程序设计

在考虑如何施加盖梁上缘箱梁荷载时,为保证现场架梁施工便利,采用先布置边跨箱梁、后布置主跨箱梁的架梁方案。预应力张拉总批次、每批次中预应力束张拉顺序和箱梁安装批次会影响预应力张拉效果。综合三方面影响因素及架梁方案,设计 13 种预应力张拉和箱梁安装程序(见表 1)。N1、N2、N3 预应力束分布见图 2。

表 1 预应力张拉程序设计方案

预应力束张拉批次/次	张拉程序编号	张拉程序
3	1	A→F1→B→F2→C
	2	A→F1→C→F2→B
	3	B→F1→A→F2→C
	4	B→F1→C→F2→A
	5	C→F1→A→F2→B
	6	C→F1→B→F2→A
2	7	A+B→F1+ F2→C
	8	B+C→F1+ F2→A
	9	A+C→F1+ F2→B
	10	A→F1+ F2→B+C
	11	B→F1+ F2→A+C
	12	C→F1+ F2→A+B
1	13	A+B+C→F1+ F2

注:A 表示张拉 N1 预应力束;B 表示张拉 N2 预应力束;C 表示张拉 N3 预应力束;F1 表示安装邻跨箱梁;F2 表示安装主跨箱梁。

2.2 不同张拉程序下盖梁受力分析

利用 MIDAS/Civil 2015 软件对 13 种预应力张拉程序下不同施工阶段的盖梁上下缘拉应力进行分析,优选最合适的张拉程序。

2.2.1 三批次预应力张拉下各施工方案对比

三批次预应力张拉施工阶段由张拉第一批预应力、布置邻跨箱梁、张拉第二批预应力、布置主跨箱梁、张拉第三批预应力 5 部分组成,各张拉程序下不同施工阶段的盖梁受力见图 3、图 4。

由图 3、图 4 可知:1)在安装邻跨箱梁(F1)阶

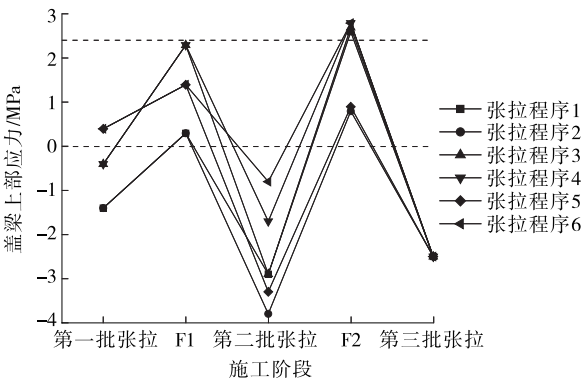


图 3 三批次张拉时盖梁上缘应力

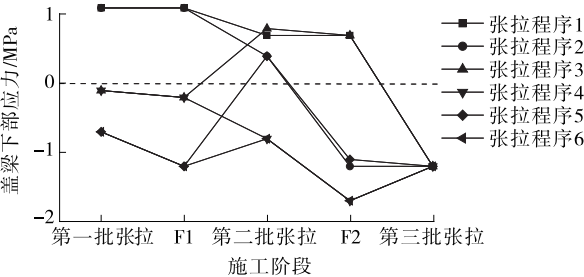


图 4 三批次张拉时盖梁下缘应力

段,张拉程序 3、4 中盖梁上缘最大拉应力接近 C45 砼的抗拉强度标准值(2.51 MPa),有较大开裂风险;第二批预应力张拉阶段,所有张拉程序中盖梁上缘最大应力都为压应力;布置主跨箱梁(F2)阶段,张拉程序 1、3、5 中盖梁上缘最大拉应力均超过抗拉强度标准值,结构存在风险。从整个施工阶段分析,6 种张拉程序的盖梁上缘最大拉应力,张拉程序 2 的最小。2)在整个施工阶段,所有张拉程序的盖梁下缘拉应力均为 0~1 MPa,小于砼抗拉强度标准值,盖梁下缘较安全。3)张拉程序 2 中盖梁上下缘拉应力符合要求,三批次张拉预应力的张拉程序设计中,张拉程序 2 的设计最合理。

2.2.2 两批次预应力张拉下各施工方案对比

两批次预应力张拉施工阶段由张拉第一批预应力、安装邻跨与主跨箱梁、张拉第二批预应力 3 部分组成,各张拉程序下不同施工阶段的盖梁受力见图 5、图 6。

由图 5、图 6 可知:1)在张拉第一、二批预应力阶段,各张拉程序下盖梁上缘最大应力几乎均为压应力,符合结构受力要求。在布置邻跨和主跨箱梁(F1+F2)阶段,张拉程序 10、11、12 中最大拉应力已远远超过砼抗拉强度标准值,结构处于危险状态,这 3 种张拉程序设计不合理;张拉程序 7、8 中最大拉应力接近砼抗拉强度标准值,盖梁开裂风险较大;

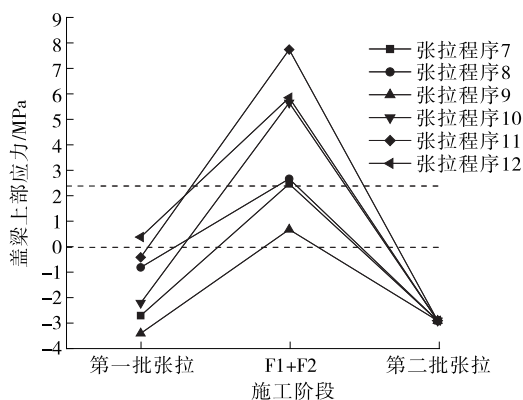


图5 两批次张拉时盖梁上缘应力

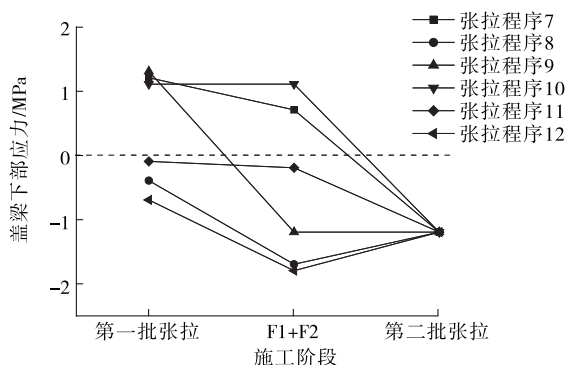


图6 两批次张拉时盖梁下缘应力

张拉程序9中最大拉应力小于砼抗拉强度标准值,结构处于安全状态。2)在整个施工阶段,所有张拉程序下盖梁下缘拉应力均不大于1.5 MPa,小于砼抗拉强度标准值,盖梁开裂风险较小。3)张拉程序9中盖梁上下缘拉应力符合要求,且其值在所有张拉程序中最小,在预应力两批次张拉程序设计中,张拉程序9的设计最合理。

2.2.3 一批次预应力张拉时施工方案对比

一批次预应力张拉的施工阶段由张拉预应力束、安装邻跨与主跨箱梁两部分组成。各张拉程序下不同施工阶段的盖梁上下缘应力见表2。

表2 整批次张拉程序下盖梁上下缘应力

部位	应力/MPa	
	张拉预应力束	施加箱梁荷载
盖梁上缘	-4.6	-1.7
盖梁下缘	-2.7	1.2

由表2可知:一批次预应力张拉程序下,盖梁上下缘拉应力均未突破砼抗拉强度标准值,结构符合强度要求。

2.2.4 不同张拉批次的张拉程序分析

在三批次张拉程序中,张拉程序2的拉应力情况较优;在两批次张拉程序中,张拉程序9的拉应力情况较优。分别取张拉程序2、9、13,对各张拉程序下整个施工阶段中盖梁受力情况进行对比分析,结果见表3。

表3 不同张拉程序下盖梁上下缘最大应力

张拉程序编号	应力/MPa	
	盖梁上缘	盖梁下缘
2	0.8	1.1
9	0.7	1.3
13	-2.7	1.7

由表3可知:张拉程序2、9下盖梁上缘为拉应力,分别为0.8和0.7 MPa,两者很接近,且远小于砼抗拉强度标准值,盖梁上缘开裂风险极低;张拉程序13下盖梁上缘为压应力,无开裂风险。张拉程序2、9、13下盖梁下缘都为拉应力,也远小于砼抗拉强度标准值,无开裂风险。相比而言,张拉程序13的拉应力最大,张拉程序2的拉应力最小。

结合盖梁上下缘最大应力情况,综合分析得张拉程序2的张拉控制设计在结构应力方面最优。但在实际工程中,施工便捷性也很重要。张拉程序2需张拉3次预应力,施工工序复杂,较繁琐。从张拉程序9的分析结果来看,其盖梁上缘最大拉应力比张拉程序2小,盖梁下缘最大拉应力比张拉程序2的稍大,且张拉程序9只需张拉2次预应力,施工便捷。综上,张拉程序9的设计最优。

3 最优张拉程序下应力计算

张拉程序9下各施工阶段盖梁的应力见图7。

由图7可知:张拉第一批钢绞线后,盖梁上缘砼呈受压状态,而下缘砼部分受拉、部分受压,应力均小于砼标准强度值,且盖梁各截面应力水平差距较小,结构安全;在盖梁上施加主跨与邻跨箱梁荷载(F1+F2)后,盖梁产生向下变形,盖梁支座附近的上缘砼应力变为拉应力,下缘砼应力变为压应力,均小于砼标准强度值,无开裂风险;张拉第二批钢绞线后,盖梁各截面上下缘全都为压应力,最大压应力远小于砼的轴心抗压强度标准值,无压坏风险。综上,张拉程序9下各施工阶段盖梁各截面应力都小于砼抗拉和抗压强度标准值,符合设计规范要求,张拉程

序9既可满足施工过程中结构安全要求,又可满足简化施工流程的要求。

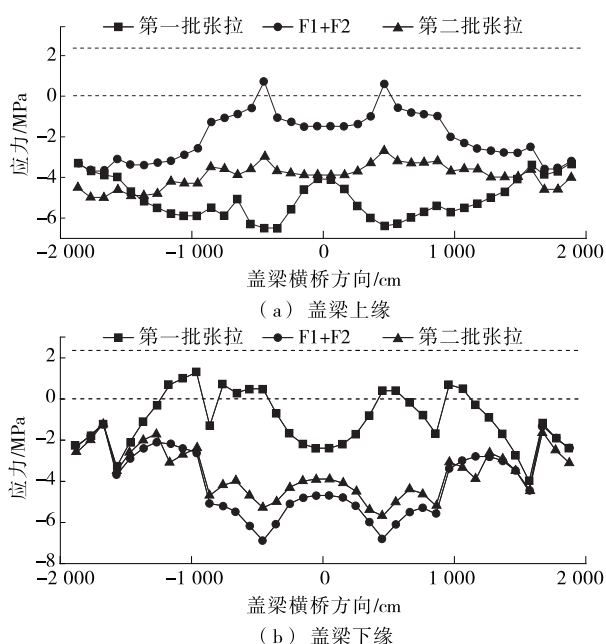


图7 最优张拉程序下各施工阶段盖梁应力分布及变形情况

4 结论

(1) 大悬臂盖梁结构特殊,在施加荷载后,比普通盖梁存在更大的开裂风险,对大悬臂盖梁施工进行监控至关重要。

(2) 预应力张拉顺序很大程度上影响施工过程中大悬臂盖梁的结构安全。

(3) 在预应力张拉过程中,拉应力控制截面的位置不断变化,应力监控重点区域需随着施工进度的推进而不断改变。

(4) 大悬臂盖梁的施工需兼顾施工方便性和结构安全性。

参考文献:

- [1] 赵艳峰.大悬臂盖梁施工阶段受力监测与分析研究[D].西安:长安大学,2013.
- [2] 鲁华明.预应力后张法张拉控制技术研究[J].施工技术,2016(增刊1).
- [3] 周伟.预应力张拉计算及现场张拉控制[J].公路与汽运,2004(5).
- [4] 王国华.大悬臂盖梁钢支撑施工技术的应用[J].中国市政工程,2013(4).
- [5] 钟庆荣,杨贵龙,胡洪波,等.烂泥湖高架桥水中门式墩长悬臂盖梁施工技术[J].桥梁建设,2012(增刊1).
- [6] 徐海军,常江.长悬臂无梁板桥梁结构分析与设计优化[J].桥梁建设,2010(6).
- [7] 刘继梅,李纯国,刘志英,等.超长悬臂盖梁裂缝控制施工技术[J].四川建筑,2017(2).

收稿日期:2017-11-27

(上接第139页)

4 结语

该文选取二阶多项式响应面模型,依据中心复合设计得到的样本数据模拟北盘江大桥14#~11#梁段标高与索力和梁段重量的关系,得到响应与待识别参数的显式函数,直观表现了参数与响应的关系。 R^2 检验结果表明拟合的响应面模型准确可靠。将识别后的参数代入模型进行计算,各节段最大相对误差由识别前的-5.74%减小到-0.44%,理论标高与实际标高差值控制在 ± 2 mm以内。响应面法是一种精度较高的参数识别方法。

参考文献:

- [1] 颜东煌.斜拉桥合理设计状态确定与施工控制[D].长沙:湖南大学,2001.
- [2] 林元培.卡尔曼滤波法在斜拉桥施工中的应用[J].土木工程学报,1983,15(3).

- [3] 贾小勇,徐传胜,白欣.最小二乘法的创立及其思想方法[J].西北大学学报:自然科学版,2006,36(3).
- [4] 张劲文.斜拉桥施工控制中的参数识别[J].广东公路交通,2002(增刊1).
- [5] 陈太聪,韩大建.大跨度斜拉桥施工过程中的主梁节段自重识别[J].土木工程学报,2005,38(2).
- [6] 孟庆成,齐欣,李乔,等.基于灰色-神经网络的大跨度斜拉桥参数识别[J].西南交通大学学报,2009,44(5).
- [7] 吴国胜,卜一之.基于最小二乘法的参数识别方法在斜拉桥施工控制中的应用[J].中外公路,2008,28(6).
- [8] 郭木华.基于二分法的斜拉桥施工控制过程参数识别[J].公路工程,2010,35(3).
- [9] Gao Yuan, Jinyu Xu, Xin Luo, et al. Experiment research on mix design and early mechanical performance of activated slag using response surface methodology (RSM)[J]. Ceramics International, 2016, 42(10).
- [10] 邓勃.试验设计与优化方法[J].分析科学学报,1996,12(2).

收稿日期:2017-05-16