文章编号:1673-9469(2015)02-0044-03 doi:10.3969/j.issn.1673-9469.2015.02.011

连续刚构桥钢束张拉次序对预应力损失影响研究

徐学斌,邬晓光
(长安大学 公路学院,陕西 西安 710064)

摘要:依托预应力顶、底板钢束同时存在的连续刚构桥—老窝河特大桥,选取典型工况,应用有限元软件Midas/civil分析了预应力分批、同步张拉次序的不同对预应力损失的影响。研究表明先张拉顶板束预应力损失略小于先张拉腹板束。在实际工程中可根据现场条件选择合适的预应力张拉方式。

关键词:连续刚构桥;预应力张拉次序;预应力损失;Midas/civil
中图分类号:U445.47 **文献标识码**:A

The sequence of continuous rigid frame bridge prestress drawing effect on prestress loss

XU Xue-bin, WU Xiao-guang
(School of Highway, Chang'an University, Shanxi Xi'an 710064, China)

Abstract: This paper relies on the continuous rigid frame bridge naming Laowo Bridge whose roof beams and plate beams are concurrence. The sequence of prestress drawing effect including batch and synchronization on prestress loss were analyzed by using Midas/civil finite element software through selecting typical conditions. The results show that the loss of drawing roof beams first is small than drawing plate beams. In the actual engineering, we can choose the right sequence of prestress drawing according to the scene.

Key words: continuous rigid frame bridge; the sequence of prestress drawing; the loss of prestress; Midas/civil

预应力是连续刚构桥的生命线,预应力钢束张拉是连续刚构桥施工过程中非常重要的环节。现行《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T F50-2011)规定:预应力筋的张拉顺序应符合设计规定,设计未规定时,可采取分批、分阶段的方式对称张拉[1]。对顶板束、腹板束同时存在的桥梁分批张拉次序并未作出规定,为数不少桥梁设计文件中也并没有明确预应力钢束张拉次序,只是按经验先张拉较长束。

目前对预应力分批张拉造成预应力损失的研究,仅限于分批张拉空间理论计算[2]和有限元模型计算[3],并未考虑不同批次钢束类型和数量不同对桥梁结构的影响,也没有针对具体工程分析不同分批张拉方式对预应力损失影响。无论是设计、施工、还是监理对预应力钢束张拉次序认识模糊,只能按经验进行。因此,针对实际工程项目研究预应力钢束张拉次序对预应力损失影响研究很有必要。

1 工程概况

老窝河特大桥主桥为预应力混凝土连续刚构,跨径布置为88 m+160 m+88 m,由两个160 mT组成对称结构,主桥总长为336 m。单箱单室箱梁断面,采用纵向、竖向双向预应力结构,纵向预应力采用大吨位群锚体系,竖向预应力采用精轧螺纹粗钢筋锚固体系。纵向预应力钢束布置如图1所示。

纵向预应力顶、底板束均采用两端张拉,控制张拉应力1 395 MPa。

收稿日期:2014-11-14
作者简介:徐学斌(1990-),男,河北唐山人,硕士,主要从事桥梁施工、桥梁结构方面的研究。

2 顶、底板束张拉次序对预应力损失影响

采用 Midas/civil 建模[4],将预应力钢束几何形状按设计图纸上相应坐标进行确定,分析顶底板钢束分批、同步、对称张拉次序不同对预应力损失的影响。依托工程共有悬臂浇筑节段 20 块,取六个工况进行研究分析,工况一:1#块预应力钢束张拉后;工况二:5#块预应力钢束张拉后;工况三:10#块预应力钢束张拉后;工况四:15#块预应力钢束张拉后;工况五:20#块预应力钢束张拉后;工况六:成桥十年。由于桥梁结构的对称性,在每个工况下,在单悬臂上均匀选取五个典型梁单元进行分析计算。

2.1 方案一

先对称、同步张拉腹板束,再对称、同步张拉顶板束,在 Midas/civil 有限元模型中选取五个典型梁单元,考虑所有预应力损失得出有效预应力如表 1、表 2。

2.2 方案二

先对称、同步张拉顶板束,再对称、同步张拉腹板束,在 Midas/civil 有限元模型中选取同样五个典型梁单元,考虑所有预应力损失有效预应力如表 3、表 4 所示。

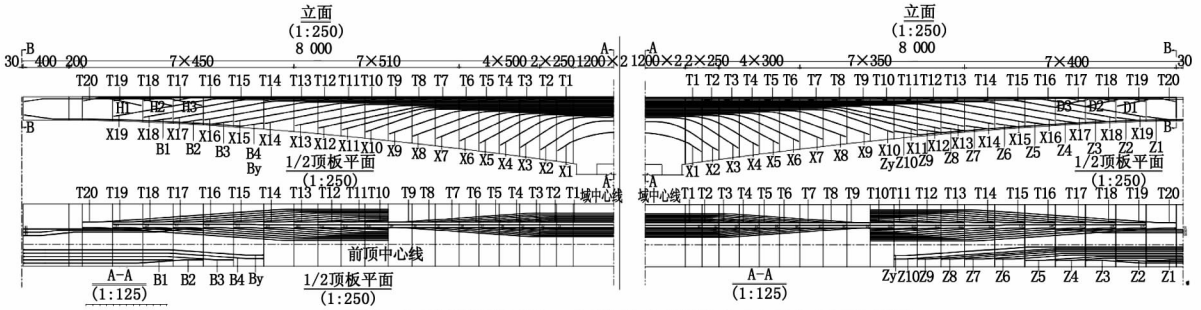

图1 主桥箱梁边跨、中跨纵向预应力钢束布置示意图

Fig.1 The longitudinal prestressing of main bridge box girder

注:图中“T”表示顶板预应力钢束,规格为 Φ^S15-14;“X”表示腹板预应力钢束,规格为 Φ^S15-12。

表 1 先张拉腹板束顶板钢束有效预应力表

Tab. 1 Effective prestress of plate beams while drawing roof beams first

梁单元	顶板有效预应力/MPa					
	工况一	工况二	工况三	工况四	工况五	成桥十年
单元 1	1 215.454	1 182.454	1 201.845	1 173.696	1 199.600	1 093.909
单元 2	1 221.517	1 197.313	1 217.176	1 209.315	1 207.079	1 135.577
单元 3	1 224.144	1 220.788	1 208.624	1 203.685	1 191.421	1 138.145
单元 4	1 228.199	1 228.204	1 234.153	1 200.987	1 184.546	1 145.286
单元 5	1 228.799	1 230.716	1 223.255	1 207.602	1 191.143	1 161.208

表 2 先张拉腹板束腹板钢束有效预应力表

Tab. 2 Effective prestress of roof beams while drawing roof beams first

梁单元	腹板有效预应力/MPa					
	工况一	工况二	工况三	工况四	工况五	成桥十年
单元 1	1 198.454	1 209.569	1 231.378	1 213.979	1 246.791	1 114.455
单元 2	1 203.171	1 201.938	1 237.778	1 239.439	1 218.048	1 156.520
单元 3	1 205.544	1 214.583	1 213.607	1 215.089	1 196.72	1 142.364
单元 4	1 210.726	1 216.805	1 220.176	1 195.647	1 177.694	1 134.919
单元 5	1 223.405	1 216.144	1 206.463	1 199.024	1 182.862	1 149.717

表3 先张拉顶板束顶板钢束有效预应力表

Tab. 3 Effective prestress of plate beams while drawing plate beams first

梁单元	顶板有效预应力/MPa					
	工况一	工况二	工况三	工况四	工况五	成桥十年
单元1	1 214.835	1 181.853	1 200.989	1 172.504	1 198.371	1 092.926
单元2	1 220.772	1 196.082	1 215.412	1 207.301	1 204.805	1 133.429
单元3	1 223.273	1 219.015	1 209.384	1 201.531	1 189.285	1 136.134
单元4	1 227.575	1 226.552	1 233.258	1 199.087	1 182.796	1 143.661
单元5	1 227.799	1 229.060	1 221.592	1 205.958	1 189.646	1 159.836

表4 先张拉顶板束腹板钢束有效预应力表

Tab. 4 Effective prestress of roof beams while drawing plate beams first

梁单元	腹板有效预应力/MPa					
	工况一	工况二	工况三	工况四	工况五	成桥十年
单元1	1 198.941	1 210.061	1 232.257	1 215.714	1 249.489	1 116.639
单元2	1 204.272	1 204.031	1 240.975	1 243.323	1 223.079	1 161.422
单元3	1 206.647	1 218.099	1 217.409	1 219.314	1 201.303	1 146.692
单元4	1 211.341	1 219.821	1 221.943	1 199.685	1 181.821	1 139.046
单元5	1 225.149	1 219.411	1 209.862	1 202.419	1 186.350	1 153.206

表5 截面内力损失值 单位:AN

Tab. 5 The loss of section internal force unit: AN

单元	先张拉顶板束			先张拉腹板束		
	1#张拉后	15#张拉后	成桥十年	1#张拉后	15#张拉后	成桥十年
单元1	348.22	376.17	540.67	348.01	376.46	541.56
单元2	337.71	317.71	461.78	337.91	319.02	463.83
单元3	333.17	344.06	471.70	333.25	345.52	473.40
单元4	324.85	363.33	470.73	324.75	364.89	472.64
单元5	312.79	354.11	442.42	313.28	355.38	444.03

2.3 两种张拉方案预应力损失对比及原因分析

由于顶板束和腹板束规格不同,顶、腹板束左右各一束对称布置,为方便对比,设顶板束面积为 A mm^2,腹板束面积为 6/7A mm^2。所选取单元由预应力钢束提供内力损失如表5。

通过计算分析,该桥采用先对称、同步张拉顶板束的分批张拉工艺引起的预应力损失在施工过程中以及成桥十年均比先张拉腹板束要小,与传统经验先张拉较长钢束相反。成桥十年后先张拉顶板束预应力损失比先张拉腹板束小0.8%。

腹板束比顶板束长,且在竖向有弯曲,故钢束和预应力管道间摩擦引起的预应力损失要大于顶板束[5-6],在相同的张拉控制应力下最终有效预应力小。无论采取何种张拉工艺,箱梁按节段施工分批张拉预应力束,都会由于后张拉批次钢束使混凝土弹性压缩,造成先张拉批次钢束预应力损失,已经锚固的预应力钢束由于后续批次钢束张拉产生弹性变形产生预应力的损失称为分批张拉引起的预应力损失[7]。影响分批张拉引起预应力损失的因素主要有梁体混凝土弹性模量、预应力钢束弹性模量、张拉顺序和张拉吨位。当弹性模量和张拉控制应力确定后,张拉次序对分批张拉预应力损失起重要作用,采用合理的张拉次序,可以有效减少预应力损失[8]。在桥梁设计中,通常顶板束要比腹板束粗,由张拉顶板束提供的内力比张拉腹板束提供的内力要大。

由以上分析,张拉腹板束引起的混凝土弹性压缩比张拉顶板束引起的弹性压缩要小,所以采用后张拉腹板束造成的张拉工艺造成的预应力损失小。

3 结论

1)先张拉顶板束后张拉腹板(下转第51页)

的作用,又加速了因夯击产生的超静孔隙水压力的消散使得每遍夯后约 3 ~ 4 d 孔压即消散 80% 以上,且水位降至 3 m 以下,达到进行下一遍强夯施工的标准,提高工作效率。

3)强夯击密间距和夯击能对加固效果有影响,随击密间距的增大,加固效果减小。在本文试验方案的 1 500 kN · m 的夯击能下,点夯的有效径向影响范围可达 7.5 m,在施工中宜采用小间距击密方案且夯点间距在 7.5 m 范围内为宜。

4)真空井点降水联合强夯法处理此深厚粉土路基的有效深度约 8.0 m,绍兴滨海地区此类软土路基有效加固深度的 Menard 修正系数为 0.53 ~ 0.55,有效加固深度和地基承载力均满足设计要求。此方法处理后的软基浅层可形成较良好的硬壳层,达到提高承载力效果。

参考文献:

[1]龚晓南. 复合地基理论及工程应用[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2002 .

[2]水伟厚,詹金林,周同行. 真空降水动力固结法在软土地区大型工业项目中的应用[C]//第十届土力学与岩土工程学术会议论文集. 重庆:重庆大学出版社,2007:248 - 253.

[3]高有斌. 高真空击密法加固滨海饱和吹填土地基试验和理论研究[D]. 南京:河海大学,2009.

[4]徐士龙,楼晓明,刘敦敏. 高真空击密法加固堆场地地基的试验研究[C]//第九届土力学及岩土工程学术会议论文集. 北京:清华大学出版社,2003(10):736 - 739.

[5]周 健,姚 浩,贾敏才. 大面积软弱地基浅层处理技术研究[J]. 岩土力学,2005,26(10):1685 - 1688.

[6]滕圣康,王金璟,徐士龙,等. 高真空击密法加固水力吹填粉煤灰地基的试验[J]. 水运工程,2004(7) :9 - 12.

[7]周 健,曹 宇,贾敏才,等. 强夯 - 降水联合加固饱和软黏土地基试验研究[J]. 岩土力学,2003,24(3) :376 - 381.

[8]郑颖人,陆 新,李学志. 强夯加固软黏土地基的理论与工艺研究[J]. 岩土工程学报,2000,22(1):18 - 22.

[9]李雪萍,程祖峰,李 娟,等. 浅层平板载荷试验确定承载力特征值浅析[J]. 河北工程大学学报:自然科学版,2004,31(2):39 - 42.

[10]GB 50007 - 2002,建筑地基基础设计规范[S].

(责任编辑　王利君)

(上接第 46 页)束,混凝土弹性压缩引起箱梁纵桥向位移大于先张拉腹板束后张拉顶板束。

2)由于两种张拉方式引起的预应力损失量差别不大,两种张拉方案均可行,可根据工期和现场条件进行选择。

3)先张拉顶板束后张拉腹板束,引起的预应力损失略小于先张拉腹板束再张拉顶板束。

参考文献:

[1]JTJ 041—2000,公路桥涵施工技术规范[S].

[2]COLE H A. Direct solution for elastic prestress loss in pretensioned concrete girders [J]. Practice Periodical on Structural Design and Construction, 2000, 5(1): 27 - 30.

[3]石鲁宁,闫维明,何浩祥,等. 考虑第一批预应力损失的后张法箱梁张拉顺序优化[J]. 北京工业大学学报,2014(2):239 - 246.

[4]刘美兰. Midas Civil 在桥梁结构分析中的应用:一[M]. 北京:人民交通出版社,2012.

[5]叶见曙. 结构设计原理[M]. 北京:人民交通出版社,2008.

[6]朱 建. 预应力张拉工艺对连续刚构桥应力及变形影响[D]. 武汉:武汉理工大学,2012.

[7]丁南宏,钱永久,林丽霞. 分批张拉预应力损失的空间简化计算方法[J]. 公路交通科技,2006(6):66 - 68.

[8]BARR P J,KUKAY B M,HALLING M W. Comparison of prestress losses for a prestress concrete bridge made with high - performance concrete[J]. Journal of Bridge Engineering,2008,13(5):468 - 475.

(责任编辑　王利君)