

文章编号:1671-6833(2013)01-0027-04

钢管混凝土桥墩在长联低墩连续刚构桥中的应用研究

周淑芬¹, 郝宪武¹, 李子青¹, 匡虹桥²

(1. 长安大学 公路学院, 陕西 西安 710064; 2. 西安市政设计研究院有限公司, 陕西 西安 710068)

摘要: 针对长联低墩连续刚构桥中边墩的受力特点, 结合钢管混凝土结构的优点, 提出采用钢管混凝土结构作为此类刚构桥的桥墩, 并对其展开相应的研究. 以渭河大桥八孔连续刚构桥为例, 采用有限元软件 Midas civil 比较分析钢管混凝土桥墩和钢筋混凝土桥墩在结构内力分配、适应上部结构变形、材料用量方面的差异. 结果表明: 钢管混凝土桥墩比同等条件下钢筋混凝土桥墩的抗推刚度更小, 更能适应上部结构的变形, 结构受力更加均衡, 材料用量更少, 工程造价更低. 通过比较两种桥墩在不同墩高情况下的墩顶最大水平位移值, 指出了钢管混凝土桥墩的合理墩高适用范围.

关键词: 长联低墩连续刚构桥; 桥墩; 钢管混凝土; 抗推刚度; 有限元

中图分类号: U443.22 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-6833.2013.01.007

0 引言

桥梁跨越山区等地形、地貌、地质条件较复杂的地域时, 多跨连续刚构桥是采用较多的桥型方案之一, 它是利用主墩的柔性来适应桥的纵向变形, 特别适合于大跨高墩连续梁桥中. 近年来, 连续刚构正朝着大跨长联高墩方向发展^[1], 中间桥墩越来越高, 两边桥墩较低, 墩高相差越来越大. 在温度应力、混凝土收缩徐变、汽车制动力、水平地震力等荷载作用下, 远离水平位移零点(一般在每联中部)的边墩墩顶内力和位移要远远大于中墩, 对边墩受力极为不利. 连续刚构的联长越长, 边墩高度越低, 上述问题越严重, 在各墩墩高相差不大的长联低墩连续刚构桥中, 此类问题同样存在. 目前多采用刚构-连续组合体系来解决此类桥梁边墩的受力问题^[2-3]. 但刚构-连续组合体系在连续墩顶处仍需设置造价高的大吨位大位移支座, 今后还存在支座养护和更换问题; 另外, 连续梁部分在施工时需采取临时固结措施, 相应增加了解除临时固结、安装支座等多道工序, 体系转换次数增加, 导致全桥应力状态和线形相应不断发生变化, 且施工阶段合拢次序的选择对获得最佳成桥状态至关重要.

钢管混凝土, 是将混凝土填入薄壁钢管内而形成的一种组合结构材料, 它将钢材和混凝土两

种材料结合, 相互弥补对方的缺点, 充分发挥各自的优点, 具有承载力高、塑性和韧性好、截面尺寸小、施工方便、经济效益好等优点^[4-5]. 笔者提出将钢管混凝土结构用于长联低墩连续刚构桥的桥墩, 以其较小的抗推刚度来适应上部结构的水平位移和减小墩身内力. 目前, 钢管混凝土结构多用于拱桥拱肋^[6], 用于桥墩的实例较少^[7-10]. 因此, 有必要研究这种新型结构方案, 这对今后钢管混凝土桥墩的应用推广以及为类似的工程实践提供指导, 具有很好的实际意义.

1 计算模型简介

以渭河大桥八孔连续刚构为例, 该桥跨径布置为(56+6×90+56)m, 各墩高度均为30m, 上部结构箱梁底宽14m. 模型一和模型二的桥墩分别采用钢筋混凝土双肢薄壁墩和钢管混凝土桥墩, 桥墩截面尺寸参数示意如图1所示. 图1(a)中, 桥墩横桥向宽度 a 与上部结构箱梁底板同宽, 顺桥向单肢宽度 b 应满足水平位移的要求, 根据温度变化、混凝土收缩、徐变引起墩顶顺桥向位移最大者设计, 双薄壁墩两壁中心距 H 应根据能抵抗施工中出现的最大不平衡弯矩确定^[11]. 为使两个模型具有可比性, 图1(b)中的顺桥向两肢中心距与图1(a)相同, 横桥向两肢最外边缘的距离 a 与箱梁底板同宽, 两个模型桥墩截面尺寸采用满

收稿日期:2012-10-31; 修订日期:2012-12-13

作者简介:周淑芬(1982-), 女, 江西九江人, 工程师, 博士研究生, 主要从事桥梁结构及理论方面的研究, E-mail: zhsf1228@163.com.

足承载力要求的最小尺寸,具体参数取值见表1. 利用有限元软件 Midas civil 2011 建立全桥梁单元模型,如图2所示.

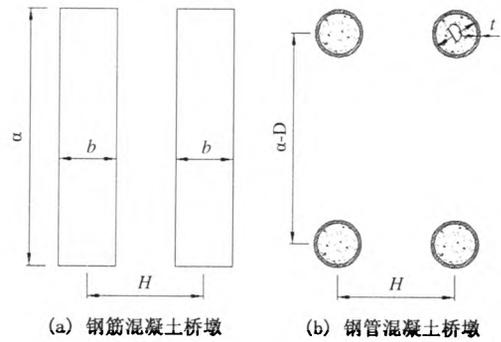


图1 桥墩截面尺寸参数示意
Fig.1 Size parameter of pier section

表1 桥墩参数取值
Tab.1 Pier parameters

序号	桥墩形式	截面	尺寸/cm		墩高/m
			单肢	两肢中心距	
模型一	钢筋混凝土双肢薄壁墩	双肢矩形	横桥向宽 $a = 1\ 400$ 顺桥向宽 $b = 120$	$H = 480$	30
模型二	钢管混凝土桥墩	四肢圆形	钢管直径 $D = 90$ 钢管壁厚 $t = 1.6$	顺桥向: 480 横桥向: 1 310	30



图2 全桥有限元模型
Fig.2 Finite element model of the full bridge

2 两种桥墩的比较

2.1 内力的比较

连续刚构桥为墩梁固结,内力按墩梁相对刚度比进行分配,桥墩的抗推刚度直接影响到桥墩所承受的弯矩,并对上部主梁墩顶负弯矩、跨中正弯矩以及边墩最大正弯矩产生间接影响.表2列出了两个模型在最不利荷载组合下几个关键点位置的弯矩值,通过比较表中数据,可以得出以下结论:

(1)模型一边墩墩顶弯矩远远大于模型二,前者约为后者的12倍,说明钢管混凝土桥墩比相同承载力下钢筋混凝土桥墩的抗推刚度小.

(2)连续刚构上部主梁墩顶负弯矩的增大(或减小)会对边跨和跨中最大正弯矩起卸载(或加载)作用,模型二的边跨最大正弯矩大于模型一,而跨中正弯矩小于模型一.

(3)通常连续刚构控制弯矩多为墩顶负弯矩,模型二主梁墩顶最大负弯矩比模型一减小10.4%,因而从减小墩顶负弯矩,使结构受力更加

均衡、减少材料用量、降低工程造价的角度出发,宜选择墩身刚度更小的钢管混凝土桥墩.

2.2 位移的比较

两种桥墩在各单项荷载作用下的最大水平位移发生在边墩墩顶,计算结果列于表3中.表中数据表明:在任一单项荷载作用下,模型二墩顶最大水平位移都要大于模型一,最大的一项是在徐变荷载作用下,模型二比模型一大了35 mm,模型二墩顶最大和最小水平位移分别为234.94 mm和100.25 mm,比模型一墩顶最大和最小水平位移191.59 mm和64.13 mm分别增大了43.35 mm和36.12 mm.说明与钢筋混凝土桥墩相比,钢管混凝土桥墩以更小的抗推刚度获得了更大的墩顶水平位移,更能适应上部结构的变形.

2.3 材料用量的比较

钢管混凝土桥墩以承载力高、截面尺寸小来获得更小的抗推刚度以适应上部结构的变形,因此在材料用量上比双肢薄壁墩更少,表4为两种桥墩在材料用量和费用上的比较表.表中数据说明:钢管混凝土桥墩在混凝土和钢材用量上都远

远小于混凝土双肢薄壁墩,同等条件下能节省材料费用 191 万元,约占混凝土双薄壁墩材料费用

的 88%,从而大大降低了工程造价。

表 2 关键点位置内力比较

Tab.2 Comparison of internal force at the key points

位置	模型一			模型二			模型二相对于模型一的内力变化百分比/%
	单元	节点	弯矩/(kN·m)	单元	节点	弯矩/(kN·m)	
边墩墩顶	235	I[236]	-77 012	235,236	I[236],I[237]	-6 656	—
	243	I[245]	-77 001	251,252	I[254],I[255]	-6 686	—
主梁边墩墩顶	19	J[20]	-648 060	19	J[20]	-580 376	-10.4
	20	I[20]	-558 236	20	I[20]	-572 659	2.6
	23	J[24]	-610 930	23	J[24]	-564 572	-7.6
	24	I[24]	-521 240	24	I[24]	-556 831	6.8
第一中跨跨中	37	J[38]	89 543	37	J[38]	79 581	-11.1
边跨最大正弯矩	6	I[6]	20 977	6	J[7]	32 868	56.7

表 3 最大水平位移比较

Tab.3 Comparison of the maximum horizontal displacement

荷载	水平位移 DX/mm		两者差值/mm
	模型一	模型二	
徐变	89.70	124.95	35.25
收缩	38.31	42.71	4.39
系统升温	-62.31	-64.82	2.51
系统降温	51.92	54.01	2.09
梯度升温	3.75	4.09	0.34
梯度降温	11.13	12.15	1.02
汽车荷载(最大)	0.53	1.12	0.59
汽车荷载(最小)	-1.57	-2.59	1.02
合计(最大)	191.59	234.94	43.35
合计(最小)	64.13	100.25	36.12

表 4 一个桥墩材料用量和费用比较

Tab.4 Comparison of a pier material consumption and cost

桥墩形式		混凝土双薄壁墩	钢管混凝土桥墩
材料	混凝土/m ³	1 008.0	71.0
用量	钢材/t	395.6	42.6
材料	混凝土/(元·m ⁻³)	C40:432	C50:476
单价	钢材/(元·t ⁻¹)	钢筋: 4 360	焊接钢管: 5 081
材料	混凝土/万元	43.5	3.4
费用	钢材/万元	172.5	21.6
	合计/万元	216.0	25.0

3 钢管混凝土桥墩墩高适用范围

墩身高度会影响桥墩的抗推刚度,从而影响墩顶水平位移的大小.将墩高分别取 10 m、20 m、

30 m 和 40 m,计算出两种桥墩形式下的墩顶最大水平位移值,据此绘出墩高与墩顶最大水平位移关系的插值曲线,如图 3 所示。

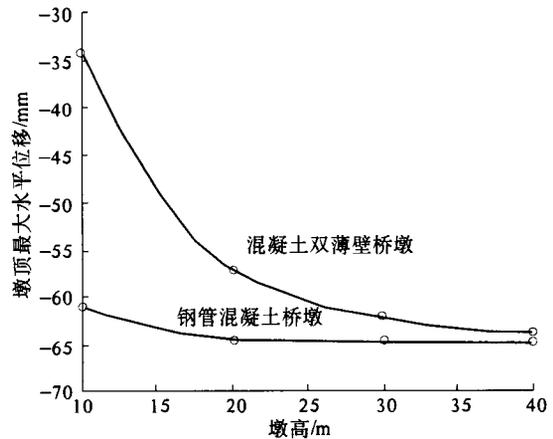


图 3 墩高与墩顶最大水平位移关系

Fig.3 Pier height vs. the maximum horizontal displacement at the pier top

从图 3 可以看出:

(1)钢管混凝土桥墩的墩顶最大水平位移受墩高的影响较小,当墩高从 10m 增大到 40m 时,墩顶最大水平位移值从 61.16 mm 增大到 64.93 mm,才增加了 3.77 mm;钢筋混凝土桥墩的墩顶最大水平位移随墩高的变化较大,墩顶最大水平位移值从 34.27 mm(墩高 10 m)增大到 63.87 mm(墩高 40 m),增大了近一倍;

(2)当墩高为 10 m 时,两种桥墩的墩顶最大水平位移值相差较大;随着墩高的不断加大,两者差值不断减小;当墩高达到 40 m 时,两种桥墩的最大水平位移差值仅为 1.06 mm,基本接近.可以认为在本模型条件下,当墩高小于 30 m 时,钢管

混凝土桥墩的优势才能充分发挥出来。

4 结论

在相同承载力的条件下,由于钢管混凝土桥墩的截面尺寸小于钢筋混凝土桥墩,从而获得更小的抗推刚度,更能适应上部结构在温度、收缩、徐变等荷载作用下产生的水平位移,同时能减小墩身弯矩、主梁墩顶最大负弯矩和跨中正弯矩,使结构受力更加均衡,从而减少材料用量、降低工程造价,因此钢管混凝土桥墩可以作为长联低墩连续刚构桥中合理的桥墩形式予以推广。另外,计算结果表明,当墩高较低时,钢管混凝土桥墩的优势才能充分发挥出来,在笔者计算模型条件下,钢管混凝土桥墩的合理墩高适用范围为墩高小于30 m。

参考文献:

- [1] 周军生,楼庄鸿.大跨径预应力混凝土连续刚构桥的现状和发展趋势[J].中国公路学报,2000,13(1):31-37.
- [2] 王文涛.刚构-连续组合梁桥[M].北京:人民交通出版社,1997.
- [3] 陈应陶.大跨度刚构-连续梁组合体系研究与分析[D].成都:西南交通大学,2005.
- [4] 钟善桐.钢管混凝土结构[M].3版.北京:清华大学出版社,2003.
- [5] 韩林海,杨有福.现代钢管混凝土结构技术[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [6] 陈宝春.钢管混凝土拱桥[M].北京:人民交通出版社,2007.
- [7] 臧华,涂永明.钢管混凝土在桥梁工程中的应用与前景[J].中国市政工程,2010,147(4):34-36.
- [8] 臧华,刘钊.钢管混凝土桥墩的应用与研究[J].中国工程科学,2007,9(7):71-75.
- [9] 马建锋,惠颖.钢管混凝土高桥墩的极限承载力分析[J].钢结构,2009,24(10):24-27.
- [10] 范晓江.浅谈钢管混凝土在柱式桥墩中的应用[J].山西建筑,2007,33(33):321-322.
- [11] 徐君兰,顾安邦.连续刚构桥主墩刚度合理性的探讨[J].公路交通科技,2005,22(2):59-62.

Application and Research of Concrete - filled Steel Bridge Piers in Long Span and Low Pier Continuous Rigid Frame Bridge

ZHOU Shu-fen¹, HAO Xian-wu¹, LI Zi-qing¹, KUANG Hong-qiao²

(1. School of Highway, Chang'an University, Xi'an 710064, China; 2. Xi'an Municipal Engineering Design and Research Institute, Xi'an 710068, China)

Abstract: In view of the mechanical characteristics of side pier in long span and low pier continuous rigid frame bridge, combined with the advantages of concrete filled steel tubular structure, we propose for the first time as pier of such rigid frame bridge, and carry out the corresponding research. Taking Weihe it bridge as an example which is an eight span continuous rigid frame bridge, by the finite element software Midas civil, we comparatively analyzed the steel tube concrete piers and reinforced concrete piers in adapting to the upper structural deformation, the internal force distribution, the amount of material. The results show that compared with the reinforced concrete piers under the same conditions, the steel tube concrete piers have smaller anti-push rigidity, better ability to adapt to the upper structural deformation, more balanced structure force, less material consumption, and lower project cost. By comparing the maximum horizontal displacement at pier top of two kinds of pier with different heights, we pointed out the reasonable application scope of the steel tube concrete piers.

Key words: long span and low pier continuous rigid frame bridge; pier; concrete filled steel tuber; anti-push rigidity; finite element