

# 墩间横系梁对连续刚构桥刚度影响分析

康玉强

(四川建筑职业技术学院 交通与市政工程系, 四川 德阳 418000)

**【摘要】**归纳了桥梁刚度的衡量指标, 挠度、周期、稳定系数和抗推刚度, 分析了各指标的适用前提。以一实际连续刚构桥为例, 建立了五个不同的计算模型, 对不同的横系梁设置方案对刚度的影响做了分析。计算表明, 横系梁的设置对主梁静力刚度几乎无影响, 对结构一阶周期影响明显; 高墩连续刚构的稳定取决于墩的刚度, 随着横系梁的增加, 稳定系数也逐步提高, 同时墩的抗推刚度也增大, 这和连续刚构需要较小的抗推刚度矛盾, 在设计时应考虑合理的横系梁设置。

**【关键词】**薄壁高墩; 连续刚构; 刚度; 横系梁

**【中图分类号】**U448.23 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2014)03-0038-04

连续刚构桥兼有连续梁桥和T型刚构桥的特点, 行车平顺舒适, 施工期间为静定结构, 可采用挂篮悬臂施工, 作业面集中在悬臂处, 对周围空间的干扰小, 不影响下侧交通。成桥后为超静定体系, 省去了支座, 节省了维护更换费用。使用荷载作用下, 内力分配均匀, 截面材料承载力得到充分利用, 经济性较好。也正由于结构的超静定, 在温度和混凝土收缩徐变的作用下, 主梁纵向伸缩, 从而带动墩发生水平位移, 为减小墩的内力, 墩大都采用薄壁墩, 即满足抗压强度的同时减小抗推刚度<sup>[1]</sup>。而双薄壁高墩的稳定性又是必须直接面对的问题, 设置合理的横系梁有利于结构的刚度和稳定, 故高墩和横系梁的组合在连续刚构桥中是一种保证结构有较大的稳定系数和较小的抗推刚度的措施<sup>[3]</sup>。

## 1 桥梁刚度的衡量

在实际工程设计中, 我们希望桥梁刚度均匀无刚度突变, 扭转刚度宜远大于平动刚度; 在稳定性方面, 尽量实现面内外等稳设计。文中归纳了四种衡量桥梁刚度的指标, 挠度、频率、稳定系数和抗推刚度, 综合分析横系梁设置对连续刚构桥刚度的影响。

### 1.1 挠度

在相同的荷载作用下, 主梁挠度各点不同, 一般采用跨中的最大挠度作为衡量桥梁刚度大小的指标之一。

### 1.2 频率

结构的动力特性(频率、周期和振型)能全面反应结构的刚度大小和分布均匀程度; 结构动力特性的求解课归纳为式(1)

$$([K] + \omega^2[M])\{\delta\} = 0 \quad (1)$$

若结构有n个自由度, 则方程亦为n阶方程, 在

理论上存在n个特征对; 特征值即为振动频率, 特征向量即为振型。在土木工程中, 外荷载一般只能激励结构低阶振型, 对荷载效应的贡献较大, 设计时起控制作用, 故在分析时仅查看前几阶振型。

### 1.3 稳定系数

对于高墩而言稳定是重要的考虑因素, 而薄壁墩在桥梁纵向平面的抗弯刚度较小, 故连续刚构的稳定性也是衡量刚度的指标。结构稳定的计算公式如下

$$([K] + \lambda[K_\sigma])\{\delta\} = 0 \quad (2)$$

稳定计算的公式和频率的计算类似; n个自由度的结构, 对应n个特征对, 特征值即为安全系数, 特征向量即为失稳模态。在实际工程中只有最小正的特征值 $\lambda_{cr}$ 才有意义, 为最小安全系数, 此时对应的失稳临界荷载为 $\lambda_{cr}\{F\}$ 。当荷载达到 $\lambda_{cr}\{F\}$ 后, 结构的总刚度 $([K_D] + \lambda[K_\sigma])$ 为零, 有无穷多个解, 结构失去抵抗能力, 变形无限大<sup>[2]</sup>。

### 1.4 抗推刚度

连续刚构桥墩梁固结, 共同变形, 墩能分担部分弯矩, 从而减小主梁内力, 控制跨中挠度。实际工程设计中, 为减小主梁伸缩变形引起的墩的内力, 墩刚度一般设计得比较弱, 主梁刚度大, 即形成强梁弱柱的结构体系。墩的抗推刚度计算如下:

$$k = \frac{3EI}{l^3} \quad (3)$$

从上式可以看出, 高墩的抗推刚度小, 适应连续刚构桥的结构体系, 这也是该桥型在沟壑地区适用的力学基础。

## 2 工程概况及计算模型

为形象说明问题, 以一实际工程预应力连续刚构为例, 跨径组合为75m+3×130m+75m, 双薄壁墩,

挂篮悬臂施工;从左至右墩高分别为68m、112m、120m和70m,主梁、墩分别采用C50、C55混凝土。模型采用三维梁单元模拟,墩底固结,两侧采用滑动支座。

为了便于比较,文中一共采用5个计算模型,横系梁位置沿高度方向均分墩,模型中横系梁数量从少到多,对墩的横向约束逐渐增强,分析不同的设置方案,比较相关结果。

### 3 计算结果分析

#### 3.1 挠度

在自重作用下结构的变形,从表1中可以看出5种方案的静力挠度差别较小,横系梁的不同设置方案对静力刚度影响很小。

表1 挠度(单位:cm)

编号	边跨最大挠度	中跨最大挠度
1	3.0	11.9
2	3.0	11.9
3	3.0	11.9
4	3.1	11.8
5	3.1	11.7

#### 3.2 频率结果

模型的振型基本相同,仅列举模型5的结果见表3。由于墩的抗推刚度较小,1阶振型为结构整体的纵向振动,2~4阶为主梁和墩的面外振动,5、6阶为面内主梁和墩呈对称和反对称振动。

桥梁的基频直接影响汽车队桥梁的冲击系数,根据规范公式,计算得到冲击系数均为0.05,可见横系梁的设置方案不会影响冲击<sup>[4]</sup>。

表2 计算模型图

编号	横系梁布置示意图	说明
1		均不设横系梁
2		边墩不设,中墩1道
3		边墩不设,中墩2道
4		边墩1道,中墩2道
5		边墩2道,中墩3道

表3 振型图

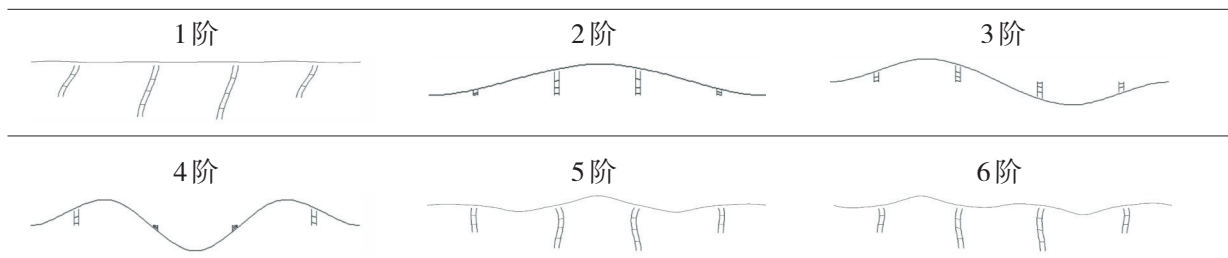


表4 周期

周期	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
1	2.28	2.08	1.96	1.62	1.43
2	1.36	1.36	1.36	1.36	1.35
3	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
4	0.42	0.42	0.42	0.42	0.42
5	0.42	0.41	0.41	0.41	0.41
6	0.34	0.33	0.33	0.34	0.33

从图1中可以看出横系梁的设置对墩的面内纵向刚度有提高,故对1阶周期影响较大;对墩的面外刚度无提高,故对高阶面外振动几乎无影响,而5、6阶周期主要为主梁的振动,与墩的刚度关系不大;且中墩墩横系梁的设置对结构刚度影响较大,边墩横系梁的作用很小<sup>[5]</sup>。

#### 3.3 稳定系数结果

由于墩较高,且主要受压,连续刚构的稳定性取决于墩的刚度。从失稳模态(表6)可以看出,结

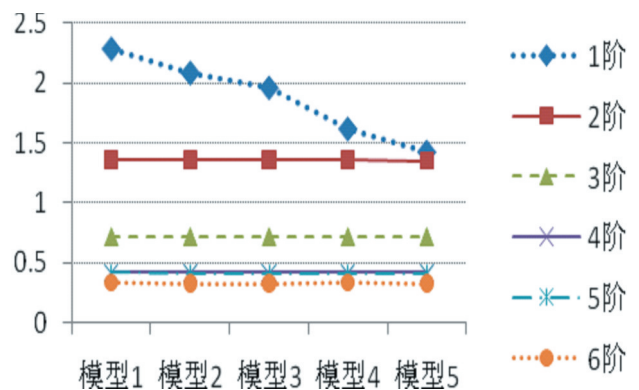


图1 周期变化图

构的低阶失稳模态为面内失稳,稳定由墩的刚度控制,尤其是对中间高墩影响较大;横系梁的设置能有效减小墩的计算长度,能有效控制面内失稳,增强结构刚度,但对面外的失稳没有影响;从稳定系数的数值来看,特征值均大于4,且前三阶系数比较接近。

表5 稳定系数

系数	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5
1	5.14	6.26	7.11	10.22	12.66
2	7.63	7.92	11.02	11.38	14.00
3	8.22	9.74	13.11	13.65	16.35

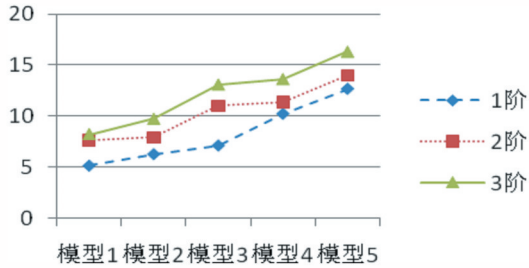


图2 稳定系数变化图

### 3.4 抗推刚度结果

抗推刚度的算法为结构总体升温后,墩底剪力与墩顶位移的比值。表7结果说明边墩的抗推刚度对横系梁的设置更敏感,原因在于边墩的高度较小,本身刚度较大,中墩较高,对横系梁的设置不敏感<sup>[6]</sup>。

### 4 结语

通过对实例的计算结果分析,连续刚构桥双薄壁墩横系梁的设置对结构刚度的影响,可以归纳如下:(1)在竖向荷载作用下,主梁的挠度没有变化,

表7 稳定系数随荷载组合变化

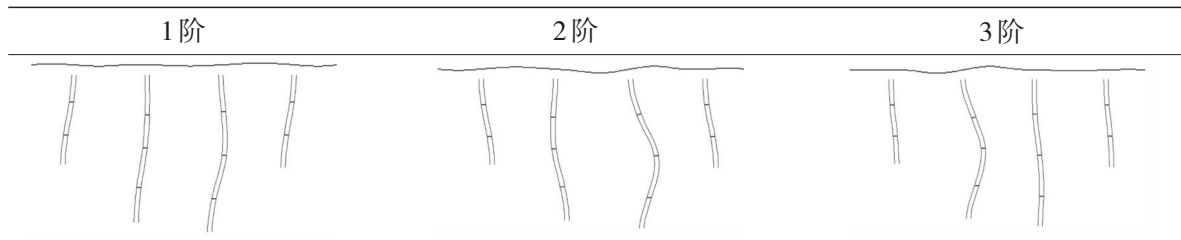
编号	反力 kN	1#墩 kN/m
1	571.96	15458
2	575.00	15541
3	576.45	15580
4	1006.33	27198
5	1281.38	34632

编号	反力 kN	2抗推刚度 kN/m
1	41.09	3735
2	84.30	7664
3	117.05	10641
4	121.22	11020
5	151.143	13740

横系梁的设置不会影响主梁的刚度。(2)动力特性分析表明,高墩连续刚构桥最先出现纵向振动,面内刚度最先,然后是面外振动。(3)连续刚构桥的低阶失稳模态均为墩的面内失稳,横系梁的设置减小墩的计算长度,提高结构刚度。(4)从减小墩的抗推刚度的角度来分析,设置横系梁会增大抗推刚度,是一种不利的选择。所以在提高结构稳定性和减小抗推刚度直接要做适宜的权衡,保证结构稳定性的同时减小墩的抗推刚度。

表6 失稳模态



### 注释及参考文献:

[1]马保林. 高墩大跨连续刚构桥 [M]. 北京:人民交通出版社,2001.  
 [2]李国豪. 桥梁结构稳定与振动 [M]. 北京:中国铁道出版社,1996.  
 [3]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):206-209.  
 [4]刘军.墩身系梁对双肢薄壁刚构桥抗震性能影响探讨[J].山西建筑,2012,38(6):27-30.  
 [5]马玉全,王景奇.墩间系梁对双肢薄壁高墩连续刚构桥稳定性的影响[J].广东公路交通,2013(2):27-30.  
 [6]曲春升.侯满.超高双薄壁墩连续刚构桥的系梁设置分析[J].公路,2012(11):39-41.

## Analysis on Stiffness of Continuous Rigid Frame Bridge with Horizontal Tie Beams between Piers

KANG Yu-qiang

(Department of Traffic and Municipal Engineering, Sichuan College of Architectural Technology, Deyang, Sichuan 418000)

**Abstract:** The indexes to measure of the stiffness of the bridge including deflection, cycle stability factor and anti-push rigidity were summed up, and applicable premise of each index was analyzed. Taking an actual continuous rigid frame bridge as an example, five different calculation models were established to analyze the stiffness. The results show that the horizontal tie beam has no effect on the static stiffness, but on the period significantly; The stability of high pier continuous rigid bridges depends on the stiffness of the pier, with the increasing number of tie beams, the stability factor increasing, while the anti-push pier stiffness also increases, which is contradictory to demand of slenderness of piers. A reasonable cross-tie beam settings should be considered in the design.

**Key words:** thin-wall and high-pier; continuous rigid frame bridge; stiffness; tie beam

---

(上接37页)

## Research on the Number of Enrollment Students of Colleges and Universities in Sichuan Based on GM(1,1) Model and AR Model

ZHENG Feng-xia

(Department of Mathematics and Finance-Economics, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou, Sichuan 635000)

**Abstract:** GM(1,1) model and AR model are used to forecast the number of enrollment students of colleges and universities in Sichuan. The results indicate that this model gets an effective result in foresting the number of enrollment students of colleges and universities in Sichuan, and gets high prediction accuracy.

**Key words:** GM(1,1); AR; higher education; the number of enrollment students; forecast