

# 连续梁桥平转施工过程稳定影响因素分析

张文学<sup>1</sup>, 黄 荐<sup>1</sup>, 王秀平<sup>2</sup>

(1. 北京工业大学 建筑工程学院 北京 100124; 2. 山西省交通厅 长平高速公路建设管理处 山西 太原 030012)

摘要: 如何确保桥梁平转过程的稳定是平转施工控制的关键,但目前关于桥梁平转过程中影响转体稳定因素的研究还不够系统和深入。为此,以长安高速公路微子立交桥为依托工程,建立数值分析模型,较全面地分析了转体速度、环境风速及墩高等参数对桥梁平转过程稳定的影响。研究表明:桥梁平转过程中的稳定不仅与转速和环境风速有关,而且受转体结构自振特性影响较大,因此应根据其自身结构动力特性判定其最不利的转速和环境风速,并加以避免。

关键词: 平转; 稳定; 风速; 转速; 墩高

中图分类号: U445.6 文献标识码: A 文章编号: 2095-0373(2012)04-0030-04

## 1 依托工程概述

转体施工是指桥梁结构先在成桥位置以外进行浇筑成形,通过转体就位的一种施工方法,常用的转体方法有竖转法、平转法、平转与竖转相结合法<sup>[1-3]</sup>。桥梁转体施工不仅能较好地克服障碍,而且可以最大限度地降低对桥下既有线路交通的影响。

桥梁平转施工虽然具有很多优点,但是在转体过程中由于结构处于瞬态平衡状态,此时转体结构的整体稳定性最差<sup>[4-5]</sup>。因此,设计文件一般都会对转体速度和转体时的环境风速做出相应的规定,但目前关于转体结构墩高和环境风速对转体稳定的影响研究还很少,对其影响规律还不是很明显<sup>[6]</sup>。为此以长安高速公路微子立交桥为依托工程,建立有限元分析模型,分析了连续梁桥平转施工过程中墩高、转速及环境风速对转体稳定的影响,得出了一些结论,可为同类工程提供参考。

微子立交桥位于山西省长治市市长铁路微子镇站内,主桥跨度为(72+120+72)m连续梁,主桥在13号和14号墩之间跨越既有市长铁路和远期规划铁路,采用支架现浇、单侧(13号墩)平面转体施工方法。

## 2 有限元分析模型

### 2.1 分析模型

分析采用有限元软件 ANSYS 模型,桥梁的整体建模采用 BEAM188 梁单元模拟,可以通过 SECREAD 命令读入用户自定义截面,由于箱梁截面较为复杂,通过建立多个截面,然后以折线的形式阶梯状模拟实际箱梁形态,如图 1 所示。箱梁与桥墩采用 C50 混凝土,根据设计规范,弹性模量取  $3.25 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ,泊松比按 0.2 采用,材料密度按照  $2600 \text{ kg/m}^3$ 。

### 2.2 风荷载选取

由于缺少实际桥梁的风洞试验数据和风压时程曲线,本文计算中采用类似工程相关风洞试验研究数据,在该实验中设定的风速为  $15 \text{ m/s}$ ,在每一个测点采集 2400 个数据,采样频率为  $400 \text{ Hz}$ ,折合成实际尺寸模型间隔时间分辨率为  $0.5 \text{ s}$ ,选取了其中具有代表性的风压时程曲线数据(如图 2 所示)。分析时结合本桥梁工程的实际工程参数,如风载体型系数、风压高度变化系数等进行了适当修正。

### 2.3 转体振动激励荷载

在转体过程中受不可预见因素的影响,整个转体结构在发生平转过程中会伴随有竖向摆动。根据实

收稿日期: 2012-08-11

作者简介: 张文学 男 1975 年出生 副教授

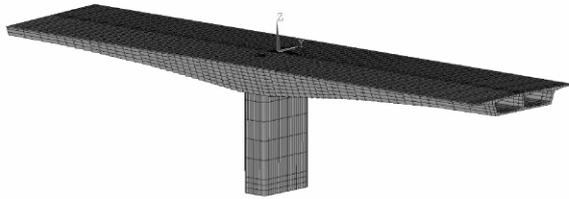


图1 有限元分析模型

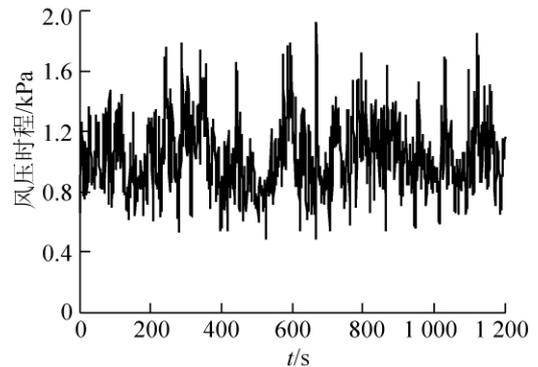


图2 风压时程曲线

际工程的实测资料可知,平转过程中的竖向摆动幅度跟临时撑脚与滑道之间的间隙有关。其上转盘的竖向摆动幅度体现在临时撑脚位置就是临时撑脚与滑道的间隙,而在竖向摆动过程中临时撑脚所受的竖向荷载最大值可近似等于克服球铰动摩擦力矩与临时撑脚半径之比,即  $V_{\max} = M_d / R_{c_j}$ 。根据依托工程平衡称重的实测情况,经计算得  $V_{\max} = 3\ 107\ \text{kN}$ 。由于目前在平转过程中临时撑脚所受的荷载实际情况还很难测得,经过理论分析在本文中假设临时撑脚所受的竖向荷载为正弦+随机的组合荷载,其中正弦荷载幅值  $F_{\max} = V_{\max} = 3\ 107\ \text{kN}$ ,随机荷载幅值为  $F_{\max} / 2$ ,波长取  $100 \sim 150\ \text{cm}$ 。

### 3 稳定影响因素分析

#### 3.1 风速对转体稳定的影响

首先取桥墩高度  $h = 20\ \text{m}$ ,风速  $v = 1, 3, 5, 7, 9, 11\ \text{m/s}$ ,分析环境风速变化对转体结构墩底弯矩的影响。分析结果如图3和图4所示。由此可知:

(1) 当桥墩高度一定时,当风速较低时,转体结构墩底弯矩几乎不随风速的变化而变化。

(2) 当风速增大到一定值后,转体结构墩底弯矩随着环境风速的增大而迅速增加,这与风压和风速的平方成正比相一致。

(3) 由转体结构墩底弯矩时程曲线可知,在风速较低的情况下,墩底弯矩的变化是比较复杂的,结构并没有发生拍振或共振现象。

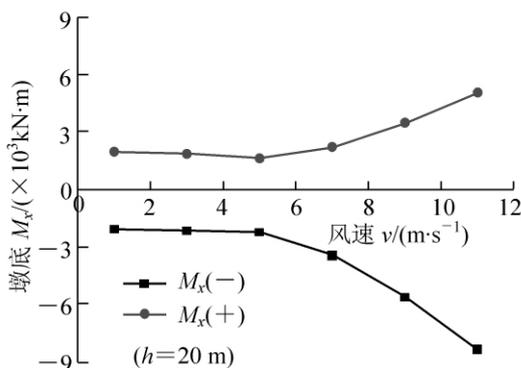


图3 风速变化对墩底弯矩的影响

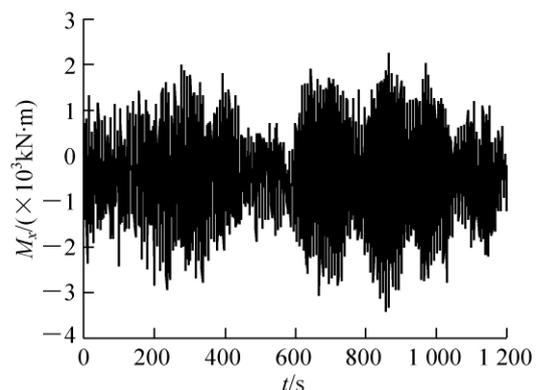


图4 墩底弯矩响应时程曲线 ( $v = 7\ \text{m/s}, h = 20\ \text{m}$ )

取环境风速  $v = 5\ \text{m/s}$ ,分别取  $h = 10 \sim 100\ \text{m}$  共10种工况进行计算,分析墩高变化对墩底弯矩的影响分析结果如图5和图6所示,由此可知:

(1) 当环境风速一定时,转体结构墩底弯矩响应与墩高之间的关系并不是单调增加的,其规律比较复杂,但整体上随着墩高的增大,墩底弯矩响应有所增大。

(2) 当墩高为  $40\ \text{m}$  的时候出现最大值峰值点,此时的墩底弯矩响应最为明显。由图6的墩底弯矩时程曲线可知,此时结构发生了典型的拍振现象,在给定的风速荷载下属于较为不利工况。

(3) 综合分析可知,墩高不同转体结构的自振特性也随之变化,发生共振时对应的风速也不同,因此应根据具体转体结构的自振特性判定出最不利的环境风速。

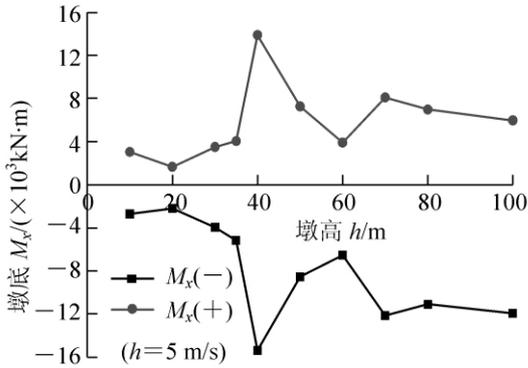


图 5 墩高变化对墩底弯矩的影响

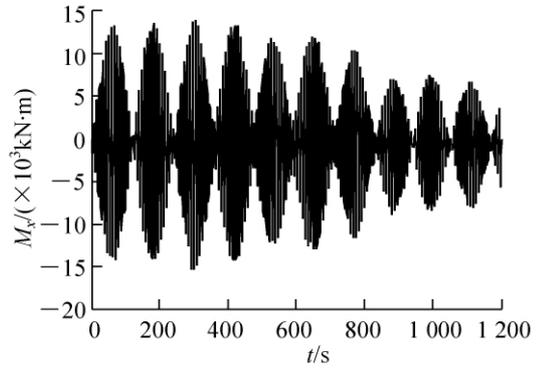


图 6 墩底弯矩响应时程曲线(v=5 m/s, h=40 m)

### 3.2 转速和墩高对转体稳定的影响

首先桥墩高度  $h = 50 \text{ m}$ ,分析转速对转体墩底弯矩的影响,分析结果如图 7 所示,此时结构竖向 1 阶振动周期 28 s。由此可知:

(1) 当转动速度较慢时,结构自振周期与荷载周期相差非常大,加之此时的荷载是在正弦波荷载的基础上增加随机干扰分量,所以墩底的振动弯矩响应在频率特性方面表现出与所施加的荷载周期相似振动特性;而在振动幅值上则表现出一定的随机性。

(2) 随着平转速度的增加,结构竖向自振周期与荷载周期越来越接近,墩底振动弯矩表现为短时间的拍振,同时墩底的振动弯矩也随之增加。

(3) 当平转速度较快时,此时临时撑脚所受的竖向荷载周期与结构 1 阶竖向振动周期基本一致,结构表现出明显的共振现象,墩底振动弯矩明显增大。

图 8 和图 9 为墩高和平转速度对墩底振动弯矩的影响情况,由此可知:

(1) 在某 1 次正弦波 + 随机荷载作用下,墩底振动弯矩响应随转速和墩高的变化规律存在一定的波动性。

(2) 经过多次计算可知,墩底的振动弯矩响应总体上呈现出随墩高和转速增加而增加的趋势。

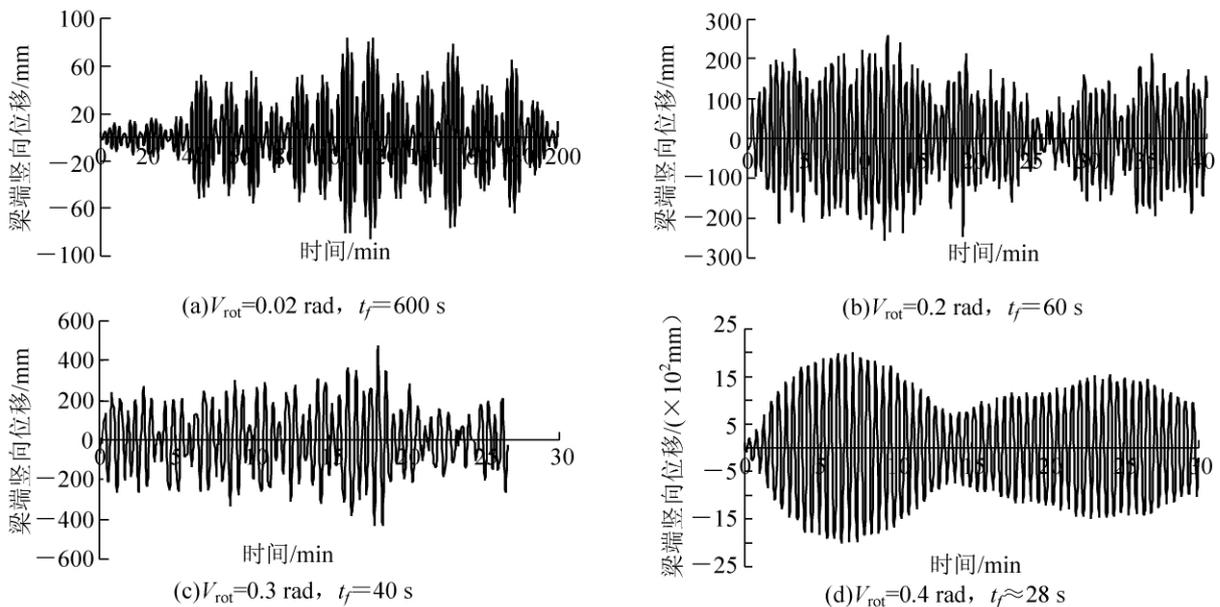
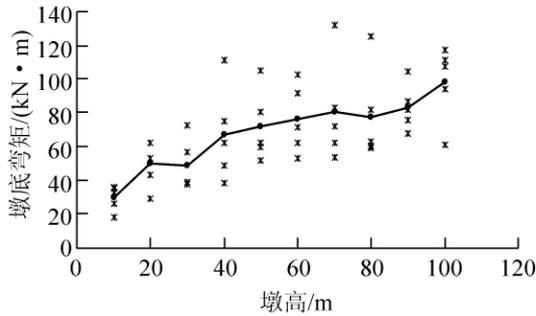
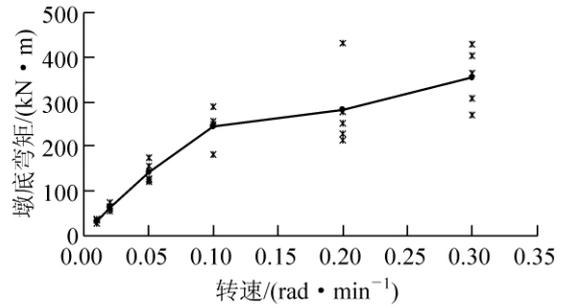


图 7 墩高  $h = 50 \text{ m}$  时,不同转动速度时墩底振动时程曲线

图8 转速  $V_{rot} = 0.02 \text{ rad}$  墩底弯矩与墩高关系图9 墩高  $h = 50 \text{ m}$  墩底弯矩与转速关系

## 4 结论

通过有限元软件 ANSYS 建立了数值分析模型,对桥梁平转过程中影响转体稳定的转速、环境风速和墩高等主要因素进行了分析。通过以上分析可知,桥梁平转过程中的稳定不仅与转速和环境风速有关,而且受转体结构的自振特性影响敏感。对于给定的转体结构应根据其自身结构的动力特性判定其最不利的转速和环境风速,以便在转体时加以避免,确保安全。

## 参 考 文 献

- [1]李拉普. 跨线连续箱梁桥平面转体施工技术[J]. 铁道标准设计, 2009(8): 55-57.
- [2]任慧,白宝鸿,焦鹏程. 斜腿刚构桥转体施工控制技术研究[J]. 石家庄铁道学院学报:自然科学版, 2008, 21(4): 52-56.
- [3]张解放. T形刚构桥转体施工技术[J]. 石家庄铁道学院学报, 2006, 19(4): 114-117.
- [4]交通运输部,中交第一公路工程局有限公司. JTG/T F50—2011 公路桥涵施工技术规范[S]. 北京:人民交通出版社, 2011.
- [5]交通运输部,中交公路规划设计院. JTJ D62—2004 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S]. 北京:人民交通出版社, 2004.
- [6]翟鹏程. 转体梁施工中的不平衡问题及风致振动研究[D]. 北京:北京交通大学土木建筑工程学院, 2008.

## Analysis of Influencing Factors of Continuous Box-girder Bridge in the Process of Horizontal Rotation

Zhang Wenxue<sup>1</sup>, Huang Jian<sup>1</sup>, Wang Xiuping<sup>2</sup>

(1. The College of Architecture and Civil Engineering, Beijing University of Technology, Beijing 100124, China;

2. Construction Management Department of Shanxi Provincial Department of Communications ChangPing Highway, Taiyuan 030012, China)

**Abstract:** How to ensure the stability of the bridge in the process of horizontal rotation is the key to the construction control, but at present the study on the stable factors of swivel in the process of bridge horizontal rotation isn't systemic and thorough enough. Based on Project of Wei-zi Overpass of Chang'an Express Way, a corresponding numerical model is established, and influencing factors of the bridge in the process of horizontal, such as, rotation speed, environmental wind speed and pier height are analyzed. The results show that the stability of the bridge in the process of horizontal rotation is not only related to rotation speed and environmental wind speed, but also influenced by the swivel vibration characteristics, so the most unfavorable rotation speed and environmental wind speed should be judged and avoided according to the dynamic characteristics of the structure.

**Key words:** horizontal rotation; stability; wind speed; rotation speed; pier height

(责任编辑 车轩玉)