

# 既有大准铁路 16 m 简支 T 梁横向加固研究及应用

王 勇

(中铁第五勘察设计院集团有限公司 桥梁设计院 北京 102600)

**摘要:** 通过有限元理论计算及既有桥动力性能测试,指出大准线既有简支 T 梁横向刚度不能满足线路扩能需要,需要进行加固。从机理上对影响桥跨动力性能的因素进行了分析,指明了加固的总体方向。利用 MIDAS/Civil 有限元软件,对不同加固方式进行计算,比较并确定了最优加固思路,最终给出了推荐方案:加宽梁两端上下横隔板各 0.65 m,且对加宽部位施加横向预应力。理论及实测结果表明,加固方案合理可行。

**关键词:** 既有铁路桥; 横向刚度; 加固; 有限元

**中图分类号:** U448.13 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0373(2015)01-0054-04

## 1 概述

既有大准铁路修建于 20 世纪 90 年代,设计活载采用“中-活载”。进入 21 世纪,煤炭需求及产量的增加对铁路运能提出了更高的要求,为了适应新的发展,需要对既有大准线扩能改造,新增二线及改造后的既有线采用 ZH 活载( $Z=1.0$ )。

列车活载标准提高对既有铁路桥构成了新的挑战,特别是预应力混凝土简支 T 梁。既有大准线简支 T 梁采用专桥(01)2051 系列梁,两片 T 梁通过少量横隔板连接,整体性差。经过长期运营,部分桥梁实测横向振幅偏大,不能满足我国《铁路桥梁检定规范》(以下简称“检定规范”)的要求<sup>[1]</sup>。为了保证列车运行稳定及安全,同时减少因更换梁体带来的经济损失,结合大准线扩能改造工程,对 16 m 简支 T 梁进行横向加固,并对该桥进行了加固前后的动载测试,结果表明,本文所述加固方案效果良好,加固后桥跨横向刚度满足检定规范要求。

## 2 桥跨结构横向刚度检验标准

根据检定规范的要求,16 m 预应力混凝土简支 T 梁的横向刚度应满足下述几方面的要求<sup>[2]</sup>: ①横向振幅行车安全限值( $v \leq 80$  km/h)不大于 1.78 mm(即  $L/9$ ,  $L$  表示计算跨度); ②货列重车实测跨中横向最大振幅通常值不大于 1.27 mm(即  $L/7.0/B$ ,  $B$  表示支座中心距); ③实测横向最低自振频率通常值不小于 5.625 Hz(即  $90/L$ ); ④适应不同车速条件的横向自振频率不小于 5.985 Hz(即  $55/L^{0.8}$ )。

## 3 加固机理分析

简支梁自振频率计算公式如下<sup>[3]</sup>

$$f = \pi \sqrt{EI/m}/2L^2 \quad (1)$$

式中, $L$  为简支梁计算跨度; $EI$  为梁体抗弯刚度; $m$  为梁部单位长度质量。由公式(1)可知,通过减小桥梁跨度、增大梁部截面抗弯刚度及减小桥梁单位长度质量可以提高结构的自振频率。但是很显然,既有桥作为客观存在,在不损害其功能的前提下,其计算跨度、单位梁长质量无法改变,只能提高桥梁的抗弯刚度。对于单线、双片式 T 梁桥,增强两片梁的横向联结是提高桥梁横向自振频率的有效方法。

收稿日期: 2014-03-07 责任编辑: 车轩玉 DOI: 10.13319/j.cnki.sjztdxxb.2015.01.11

作者简介: 王勇(1984-),男,工程师,主要从事桥梁工程的研究。E-mail: luanwan2006@163.com

王勇.既有大准铁路 16 m 简支 T 梁横向加固研究及应用[J].石家庄铁道大学学报:自然科学版,2015,28(1):54-57.

## 4 加固设计研究

### 4.1 加固原则

- (1) 满足文献 [2] 对桥跨结构横向最低自振频率的要求。
- (2) 尽量减少对原结构的损伤, 并尽量减小由于增加横向联结构造而引起的跨中弯矩、挠度等, 保证梁部强度、抗裂性及竖向刚度满足规范要求。
- (3) 加固工程应简单易实施, 不影响既有线正常运营。
- (4) 加固后的桥梁应有足够的耐久性, 便于检查、养护及维修。

### 4.2 不同加固方案比较

专桥(01)2051 梁桥面板是分离式的, 纵向有宽 3 cm 的梁缝, 横向仅靠几处横隔板联结, 故可通过将桥面板连成整体或增加横隔板宽度来加固 T 梁。

桥面板纵缝位于轨枕以下, 其上满覆道砟, 对其进行加固改造影响既有线运营, 该方案可实施性差; 而横隔板位于桥面以下, 增加其宽度施工基本不影响既有线运营, 且工艺简单易实施, 该加固思路可行。

基于上述思路, 本次对不同位置的隔板分别进行加宽研究<sup>[4]</sup>, 采用 MIDAS/Civil 有限元软件对其进行模态分析, 并提取前五阶振型进行比较, 确定最优加固隔板位置。各加固方案如下: ①跨中上隔板加宽 0.4 m; ②跨中下隔板加宽 0.4 m; ③两处 1/4 跨上隔板均加宽 0.2 m; ④两处 1/4 跨下隔板均加宽 0.2 m; ⑤两处端上隔板均加宽 0.2 m; ⑥两处端下隔板均加宽 0.2 m。

#### 4.2.1 模型的建立

建模时采用空间梁单元来模拟主梁, 每个梁体划分 24 个单元、25 个节点, 为准确模拟梁体截面的变化, 梁端部采用线性变化的变截面梁单元, 两片梁之间的横隔板以及加固使用的隔板均用横向的梁单元来模拟, 二期恒载按质量均匀加到各片主梁上。有限元模型见图 1。

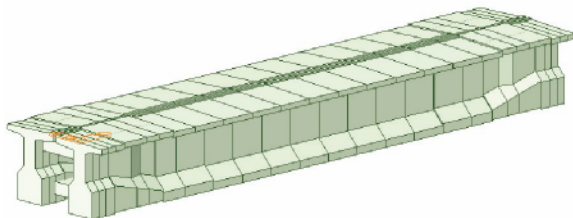


图 1 桥跨有限元模型

#### 4.2.2 基本计算参数

(1) 力学参数。混凝土泊松比  $\nu$  取 0.2, 弹性模量按 C50 取值为  $3.55 \times 10^4$  MPa。(2) 自重及二恒。梁容重取  $25 \text{ kN/m}^3$ , 桥上二恒取  $48.2 \text{ kN/m}$ 。

#### 4.2.3 计算结果

有限元理论计算结果见表 1。

表 1 各加固方案有限元模态分析结果

模态号	加固方案							Hz
	0	1	2	3	4	5	6	振型方向
1	5.002	5.090	5.080	5.329	5.211	5.713	5.376	横向 + 扭转
2	10.244	10.057	10.057	10.066	10.066	10.083	10.081	竖向
3	10.852	11.003	10.927	11.028	10.975	11.646	11.290	横向 + 扭转
4	14.653	14.729	14.658	14.870	15.076	15.220	15.542	横向 + 扭转
5	16.313	16.735	16.583	17.090	16.949	17.228	17.160	横向 + 扭转

注: 0 表示加固前。

计算结果(表 1)表明, 增加横隔板宽度可以提高桥跨结构的横向刚度, 由于增加了桥跨自重, 结构竖向刚度有所减弱, 最大减小 1.83%, 影响甚微。当分别采用方案 1 ~ 方案 6 时, 横向一阶频率分别提高 1.76%、1.56%、6.53%、4.18%、14.22%、7.48%, 说明靠近梁端的隔板对结构的横向刚度影响最大, 应从靠近梁端的隔板上着手设计加固方案。

### 4.3 推荐加固方案

根据上述分析结论, 确定加固方案如下: 加宽梁两端上下横隔板各 0.65 m, 且对加宽部位施加横向预应力; 加宽部分采用 C50 无收缩混凝土, 横向预应力筋采用  $\Phi 15.2 \text{ mm}$  钢绞线, 普通钢筋采用 HRB400 钢筋。

大准线 16 m 简支 T 梁横向加固设计如图 2、图 3 所示。

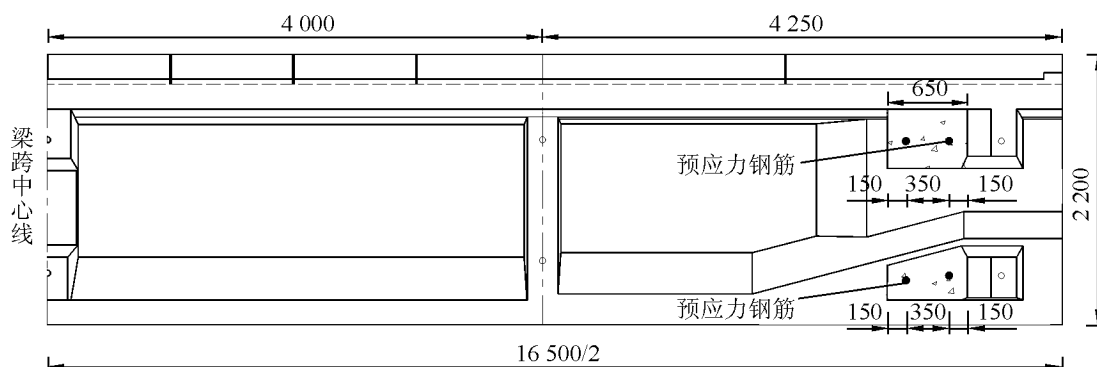


图 2 梁体加固立面图(单位: mm)

推荐方案的有限元计算结果见表 2。

表 2 推荐方案模态分析结果

模态号	自振频率/Hz	振型方向
1	6.958	横向 + 扭转
2	10.057	竖向
3	13.585	横向 + 扭转
4	17.744	横向 + 扭转
5	19.128	横向 + 扭转

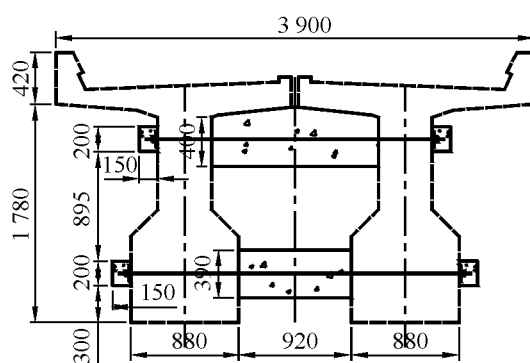


图 3 1-1 横断面加固图(单位: mm)

## 5 加固施工

### 5.1 施工工艺

搭设施工平台→钻预应力筋孔→钻普通钢筋锚固孔→

安装普通钢筋及预应力筋→浇注混凝土→张拉预应力→管道压浆封锚→拆除施工平台<sup>[5]</sup>,完成梁体加固。

### 5.2 施工注意事项

(1) 施工前应首先核对桥梁结构尺寸,并确保结构无病害,养护维修达到“铁路桥隧建筑物大修规则”标准中的要求。

(2) 钻孔严禁损伤既有预应力钢筋,尽量避免损伤普通钢筋。

(3) 新旧混凝土结合面应凿毛。

(4) 普通钢筋应采用凝结速度快、施工周期短、耐老化、抗腐蚀、无蠕变及抗震、抗疲劳性能良好的锚固胶<sup>[6]</sup>。

(5) 预应力张拉应在混凝土强度达到设计值的 80% 后方可进行。

(6) 张拉设备必须配套使用,张拉前,千斤顶必须进行标定。

## 6 加固效果评定

2013 年 4 月,建设单位对既有大准线某 16 m 简支 T 梁桥进行了横向加固,并于加固前后对桥跨结构进行了动载测试。

(1) 加固前实测一阶频率为横向 4.97 Hz,加固后为横向 6.92 Hz,满足检定规范要求。

(2) 加固前实测跨中横向振幅最大为 1.49 mm,加固后为 0.95 mm,满足检定规范要求。

(3) 有限元理论计算得到的 16 m 梁横向自振频率为加固前 5.002 Hz,加固后 6.958 Hz,理论计算与实测数据吻合较好,说明两种方法所得数据可信。

## 7 结语

通过对各种加固方案进行理论分析,选择最优方案对既有大准线 16 m 简支 T 梁进行横向加固,理论及实测结果表明,加固后 T 梁横向刚度改善明显,各项指标均满足检定规范要求,为扩能改造后桥梁安全运营提供了保障。同时,本次理论分析也表明,靠近梁端增加水平横向联结对提高桥跨结构的横向刚度效果更明显,这也符合文献[4]所得结论,且本加固方案仅在梁端附近增加构造措施,新增恒载弯矩较小,对梁体强度及抗裂影响甚微。

## 参 考 文 献

- [1] 杨斌. 铁路提速工程 T 形简支梁横向加固设计[J]. 四川建筑, 2009(4): 180-181.
- [2] 中华人民共和国铁道部. 铁运函[2004]120 号 铁路桥梁检定规范[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2004.
- [3] 刘德军, 何赓, 李小珍. 40 m 跨双片式简支 T 梁横向加固技术研究[J]. 铁道建筑, 2007(2): 28-31.
- [4] 马林. 铁路常用跨度混凝土简支 T 梁横向加固方法的研究[J]. 铁道标准设计, 2008(1): 43-47.
- [5] 中华人民共和国铁道部. 铁建设[2010] 241 号铁路混凝土工程施工技术指南[S]. 北京: 中国铁道出版社, 2010.
- [6] 中华人民共和国建设部. GB50367—2006 混凝土结构加固设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2006.

## Research and Application of Lateral Reinforcement on 16 m Simply-supported T-beam for Existing Da-Zhun Line

Wang Yong

( Bridge Design Department of China Railway Fifth Survey and Design Institute Group Corporation ,Beijing 102600 ,China)

**Abstract:** By the computation of finite element and dynamic performance testing , it's found that the lateral rigidity for the existed bridge of Da-Zhun line is not accustomed to the new capacity , and the simply - supported T-beams are needed to be reinforced. The general direction of reinforcement is pointed out by analyzing affecting factors of bridge dynamic performance. By calculating and comparing different reinforcement schemes with the help of the finite elements software MIDAS/Civil , optimal ideas are determined , and finally the recommendation is given: beam end diaphragm is to be widened by 0.65 m , and this section must be prestressed. This scheme is proved reasonably practicable by the theoretical and experimental data.

**Key words:** existed railway bridge; lateral rigidity; reinforcement; finite element

~~~~~

( 上接第 44 页)

## Realization of Unstressed State Method with Ordinary Finite Elements Software

Li Baojun

( Shanxi Transportation Research Institute , Taiyuan 030006 , China)

**Abstract:** Unstressed state method is a kind of advanced theoretical construction control method , which could highly simplify the construction monitoring work. But in the market , there are very rare software that include this specialized module , even the most popular software - MIDAS Civil. To solve this problem , a very effective analysis process and the points for attention are presented in this paper. The effectiveness of this process was tested by a finite element modal of cable-stayed bridge with steel box girder , and the result show that this process could be used in construction analysis based on unstressed state method.

**Key words:** unstressed state method; cable stayed bridge; cantilever assemble; construction analysis