

文章编号: 1005—0523(2006)04—0013—02

稳定索对三塔斜拉桥动力性能的影响

叶梅新, 靳 飞

(中南大学 土木建筑学院, 湖南 长沙 410075)

摘要: 分别对无稳定索和有稳定索的三塔斜拉桥进行了模态分析和反应谱分析. 计算结果表明, 稳定索的设置提高了三塔斜拉桥的竖向弯曲振型频率, 降低了塔顶和跨中在地震作用下的位移反应.

关 键 词: 三塔斜拉桥; 稳定索; 模态分析; 反应谱分析

中图分类号: U448.27

文献标识码: A

1 引言

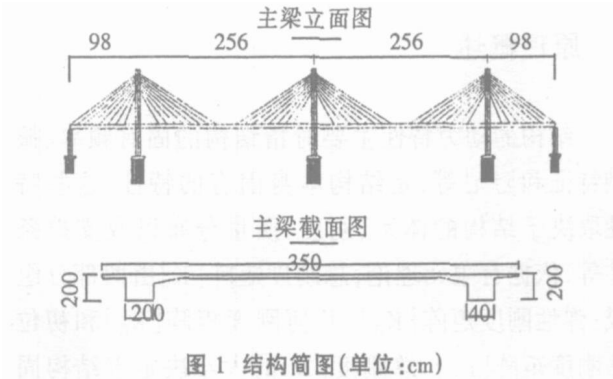
斜拉桥是塔、梁、拉索三种基本构件组成的缆索承重结构体系. 由于其具有受力合理, 外形美观, 跨越能力大等优点, 使其成为 200 m 到 800 m 跨径范围内最具竞争力的桥梁结构形式之一.

对于跨越宽阔的河流湖泊时, 这是需要采用多塔多跨式斜拉桥. 但是多塔多跨式斜拉桥的与常见的单塔或双塔斜拉桥相比, 由于没有端锚索来有效的限制塔顶的水平变位, 所以竖向刚度小很多. 以国内外已建成和在建的多塔斜拉桥的工程实例来看, 通过采用在两塔之间张拉稳定索^[1], 可以有效地解决多塔斜拉桥竖向刚度小的问题. 同时, 稳定索的设置对多塔斜拉桥的动力特性产生一定的影响, 本文将对此进行讨论

2 算例

本文算例为三塔双索面预应力混凝土肋板式斜拉桥. 跨径为 98 m + 256 m + 256 m + 98 m, 斜拉索采用扇形布置. 梁上标准索距为 12 m, 索塔上的标准索距为 3 m. 桥面全宽 30.5 m, 纵向每隔 12 m 设

一道横梁(在斜拉索锚固点处). 主梁中心高 2.0 m, 主梁肋宽 2.0 m, 两道主梁横向间距为 25 m. 塔柱形式为倒 Y 形, 详见图 1.



3 计算模型

3.1 动力计算模型

考虑到主梁断面为分离式双主肋, 所以计算模型采用双主梁模式比较合理. 模型由两片主梁组成, 中间用横梁联系, 横梁间距取索距. 每片主梁的面积和竖向惯性矩分别取全断面值的 1/2, 横向刚度采用挠度相等原理计算等效刚度. 横梁刚度包括了桥面共同作用的部分. 桥面系质量堆聚在两侧主梁和中间横梁上, 通过调整他们之间质量分布的比

收稿日期: 2006—02—08

作者简介: 叶梅新(1946—), 女, 教授, 硕士.

值,使平动质量和转动惯量满足全断面值的要求^[2].

主梁、横梁、主塔和边墩均采用三维空间梁单元模拟,索用杆单元模拟.模型 1:三塔四跨式斜拉桥,无斜向稳定索,见图 2.模型 2:三塔四跨式斜拉桥,在中塔塔顶和边塔塔梁交接处张拉斜向稳定索,见图 3.



图 2 计算模型 1



图 3 计算模型 2

3.2 主梁约束方式

以上两种模型的主梁纵向均无约束,属于全漂浮体系.在塔柱和主梁之间设置横向支撑以限制主梁的横向位移.

4 原理概述

结构的动力特性主要指结构的固有频率、振型特征和阻尼等,是结构本身固有的特性,这些特性取决于结构的体系、刚度、质量分布以及支撑条件等.依据有限元理论,总刚度矩阵 $[K]$ 由两部分组成:弹性刚度矩阵 $[K_D]$ 、几何刚度矩阵 $[K_G]$ 和初位移刚度矩阵 $[K_L]$.总刚度 $[K]$ 的大小决定着结构固有频率的大小.所以对于几何非线性影响比较显著的斜拉桥体系,在模态分析之前必须先进行几何非线性静力分析.将单元的刚度修正后再进行模态分析和反应谱分析,从而得到结构真实的动力特性.

5 自振特性分析

大跨度斜拉桥的模态比一般的结构密集,所以要取 10 阶或 20 阶甚至更高阶的振型才能得到比较满意的精度.由于篇幅有限,本文只取每种模型的前 10 阶振型来进行分析.动力特性见表 1.

表 1 动力特性表

振型序号	计算模 1	计算模 2	振型描述
	频率/Hz	频率/Hz	
1	0.12998	0.13029	纵飘
2	0.21525	0.24861	主梁一阶反对称竖弯

3	0.29716	0.2978	主梁一阶正对称竖弯
4	0.3381	0.34454	主梁二阶反对称竖弯
5	0.50587	0.50609	主梁二阶正对称竖弯
6	0.58785	0.59361	主梁三阶反对称竖弯
7	0.70068	0.70076	主梁三阶正对称竖弯
8	0.76416	0.76416	主梁一阶反对称横弯
9	0.77593	0.77612	主梁四阶反对称竖弯
10	0.81611	0.81602	主梁四阶正对称竖弯

比较计算模型 1 与计算模型 2 所得自振模态可以看出,两种模型的第一阶振型均为纵飘.设置稳定索后,三塔斜拉桥的基本周期和主梁的各阶竖弯振型频率显著地降低了.此结果表明张拉稳定索确实可以提高三塔斜拉桥的整体竖向刚度.

6 抗震性能分析

本文采用反应谱分析法进行抗震性能分析.谱分析的特点是较少的计算量获得结构反应的最大值.场地土类型确定为Ⅱ类场地土,反应谱采用<公路工程抗震设计规范>中Ⅱ类场地土的标准反应谱作为谱分析的曲线,见图 4.

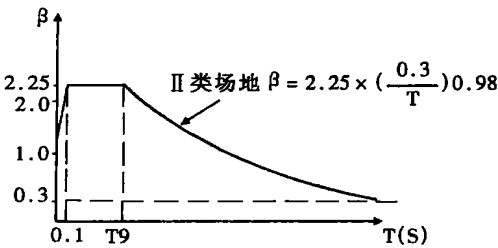


图 4 Ⅱ类场地土的标准反应谱

虑前 50 阶振型的影响,经过计算,得到谱分析的结果.振型组合方法为 SRSS.桥塔、主梁的位移峰值见表 2、表 3.

表 2 纵向地震输入位移反应表

位移方向	位移峰值位置	位移峰值(m)	
		计算模型 1	计算模型 2
纵向水平位移	边塔塔顶	2.92E-02	2.90E-02
	中塔塔顶	1.25E-02	8.79E-03
竖向位移	中跨跨中	2.10E-02	1.92E-02

表 3 竖向地震输入位移反应表

位移方向	位移峰值位置	位移峰值(m)	
		计算模型 1	计算模型 2
纵向水平位移	边塔塔顶	2.63E-03	2.62E-03
	中塔塔顶	2.18E-09	2.02E-09
竖向位移	中跨跨中	4.82E-03	4.82E-03

(下转第 21 页)

+625.800 立体交叉跨线桥,斜度 15° ,跨径 46.321m.这些桥梁投入使用多年来,实践表明:它能够很好地限制斜桥的平面内旋转,降低了斜桥常见病害.

参考文献:

[1] 王昌武,丁锐,王国鼎.无桥台斜腿刚架桥结构特性分析[J].中南公路工程,1998,(1):47~49.
[2] 高荣雄,占爱民.无桥台斜腿刚架桥在斜桥中的应用研究.公路[J].2004,(12):53~56.
[3] 黄平明.混凝土斜梁桥[M].北京:人民交通出版社,1999.

Research on Property of Resistance to Rotation about the Skew
Slant Leg Rigid Frame Bridge Without Abutment

GAO Rong-xiong, YANG Tao, LI Meng-ran

(School of Civil Eng. & Mechanics, HUST, Wuhan 430074, China)

Abstract: The slant leg rigid frame bridge without abutment is a new type of bridge. It has especial characteristics in mechanics for its advantages. The article proves that this kind of bridge can avoid the displacement defect of general slant bridges to the maximum by theoretical analysis. It shows that the kind of bridge has a broad prospect.

Key words: slant leg rigid frame bridge without abutment; skew bridge; plane displacement; rotary moment

(上接第 14 页)

从表 2 中可以看出,纵向地震输入作用下,计算模型 1 的边塔和中塔塔顶纵向水平位移要比计算模型 2 的大,说明设置稳定索对塔纵向位移有一定约束作用,可以减小塔顶在地震作用下的位移反应.计算模型 1 的中跨跨中竖向位移要比计算模型 2 的大,这是由于斜向稳定索限制了中塔塔顶的水平变位,从而降低了跨中在纵向地震作用下的位移反应.

从表 3 中可以看出,竖向地震输入作用下,两个计算模型的塔顶纵向位移和跨中竖向位移都很小且比较接近.这说明在竖向地震作用下,设置稳定索对三塔斜拉桥塔顶和跨中的位移反应的影响很小.

7 结束语

根据以上的模态分析和反应谱分析,本文得出以下结论:斜向稳定索的设置提高了三塔斜拉桥的竖向弯曲振型频率,降低了塔顶和跨中在纵向地震作用下的位移反应.

参考文献:

[1] 郑 春,刘晓东.论多塔斜拉桥的刚度[J].公路,2002,(6):98~100.
[2] 范立础,等.桥梁抗震[M].同济大学出版社,1991.

Effects of Stable Cable on Dynamic Behaviors of Three
Towers Cable-stayed Bridges

YE Mei-xin, JIN fei

(Department of Engineering and Architecture, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: Three towers cable-stayed bridge without stable cable and with stable cable are calculated in two aspects of mode analysis and spectrum analysis. The result is that, stable cable can enhance the frequency of vertical flexure mode shape and reduce the displacement response on the top of tower and in the middle of span under earthquake effect.

Key words: three towers cable-stayed bridges; stable cable; mode analysis; spectrum analysis