

文章编号:1672 - 058X(2012)08 - 0074 - 05

底板水平布置的连续刚构桥地震反应分析

鄢波, 张梦龙

(重庆交通大学 土木建筑学院, 重庆 400074)

摘要:云南省龙陵至腾冲二级公路上的龙腾大桥,采用变连续刚构桥方案,桥跨布置为 58m + 102.25m + 63m,其桥址位于八度地震区,需要进行抗震设计;依据抗震准则的设计目标,进行了地震作用下的抗震分析,包括自振特性分析,反应谱分析和动态时程分析;并以此为合理的结构抗震设计提供明确的依据。

关键词:底板水平布置;连续刚构;抗震分析

中图分类号:TB411

文献标志码:A

1 概述

云南省龙陵至腾冲二级公路上的龙腾大桥,采用变连续刚构桥方案,桥跨布置为 58 m + 102.25 m + 63 m。以往传统的箱型截面,底板的预应力钢束会对下方的混凝土产生径向力。如果产生的强度超过了混凝土的抗拉强度,底板就会因为这种作用而产生底板混凝土崩裂的现象。此外,连续刚构桥存在很多的问题,主要表现在一是主梁的跨中下挠问题,二是箱梁的裂缝问题。针对上述问题,重庆交通大学和重庆国通土木工程技术有限公司提出了底板索水平布置预应力混凝土变截面箱梁桥这一新桥型,龙腾大桥就是以此而建立的,如图 1 所示构造图^[1-3]。

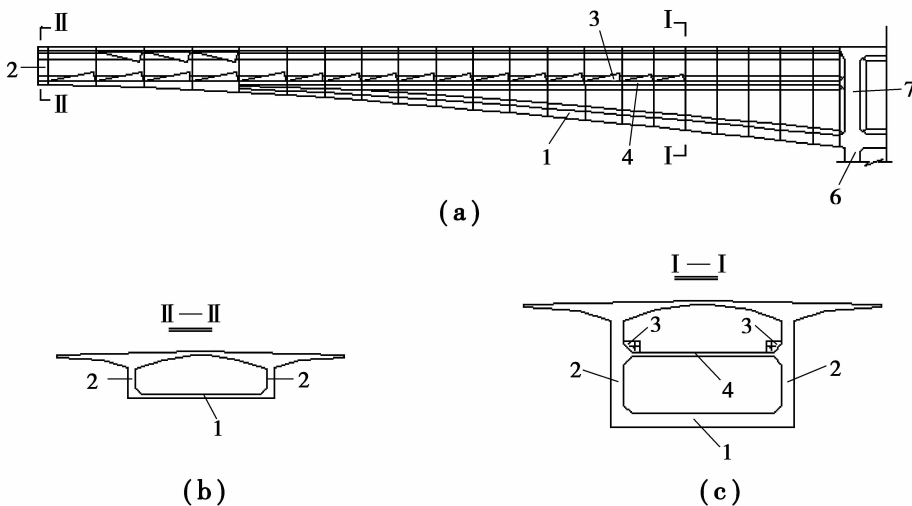


图 1 底板索水平布置的连续刚构桥构造图

收稿日期:2011 - 12 - 12;修回日期:2012 - 02 - 10.

作者简介:鄢波(1987-),男,山东省聊城市人,硕士研究生,从事桥梁结构设计、受力性能分析与桥梁抗震研究。

新铁路抗震规范和新公路规范都要求在遇地震作用下,一般采用反应谱法对桥墩进行强度抗震验算;设计地震作用下,按静力法验算桥梁上、下结构连接构造的安全;罕遇地震作用下,应采用非线性时程反应分析法^[4],进行延性验算,从而达到抗震设计思想,对桥进行了地震作用下的弹性验算,并对抗震能力进行了评估。

2 自振特性分析

使用有限元分析软件 MIDAS/Civil 建立了连续刚构桥的全桥模型,建立模型时以顺桥向为 X 轴,以横桥向为 Y 轴,以竖桥向为 Z 轴,桥面铺装按照集中质量的形式均匀分配在节点上,桥墩与主梁采用刚性连接。主桥墩位置由于水流的长期冲刷作用,表面基础没有涂层,桩基完全在岩层中,属于刚性基础,墩底约束采用固结,不考虑桩—土—结构相互作用和深水作用^[5],所建立的模型如图 2 所示。对本桥进行了模态分析之后,表 1 列出了龙腾大桥前十阶自振频率及其振型描述。

表 1 桥梁的自振频率和振型特征

模态号	频率/Hz	振型特征
1	0.380 376	主梁纵飘
2	0.737 831	主梁对称横弯
3	1.488 722	主梁对称竖弯
4	1.662 021	主梁反对称横弯
5	2.022 946	左墩纵弯
6	2.493 690	主梁反对称竖弯
7	2.949 235	右墩纵弯
8	3.172 965	主梁对称横弯
9	3.228 339	主梁对称竖弯
10	4.006 865	左墩横弯

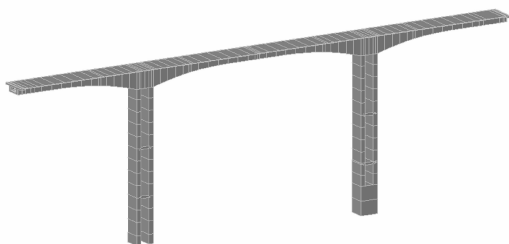


图 2 龙腾大桥有限元模型

第一阶振型为结构体系整体纵飘,桥墩顺桥向弯曲,此模态在顺桥向方向上振型参与质量系数达 77.7%,质量贡献率较大。第二阶振型为横桥向弯曲,此模态在该方向上的振型参与质量系数为 57.04%,并且在前十阶模态中,也是以发生横桥向弯曲为主。在模型的前十阶模态中,模型在各个方向上的振型参与质量系数分别为顺桥向 85.80%、横桥向 75.47%、竖向 32.77%。在模型的前十阶模态中,模型在顺桥向方向上的振型参与质量系数最大,说明相对而言桥梁顺桥向更容易激发震动,故在进行设计时,纵向设置高柔墩是合理的。

3 地震反应分析

地震反应分析分别采用反应谱法和时程反应分析法进行,采用安评报告提供的设计反应谱,龙腾大桥桥址所在场地的特征周期 $T_g = 0.4$ s,其地面动峰值加速度为 0.3 g,反应谱最大值 $S_{\max} = 0.29$ g。龙腾大桥设计加速度反应谱 S 取如下形式,反应谱曲线如图 3 所示。

$$S = \begin{cases} S_{\max} (5.5T + 0.45) & T < 0.1 \\ S_{\max} & 0.1s \leq T \leq T_g \\ S_{\max} (T_g/T) & T > T_g \end{cases}$$

地震下的分析用有限元软件 MIDAS/Civil 进行,对模型分别进行了地震作用下的反应谱及时程反应分

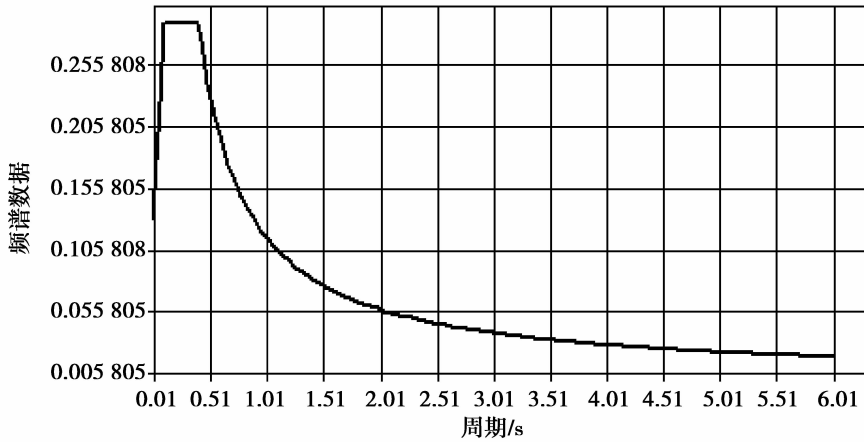


图 3 El 地震作用水平加速度反应谱

析。反应谱分析采用前 100 阶振型进行叠加,计算在上述设计反应谱作用中各个构件的地震力。时程分析中采用的地震波为设计单位提供的桥址场地安评波。根据计算结果,在多遇地震作用下,桥墩墩底的弯矩剪力成为抗震设计的控制因素。反应谱及时程反应分析的位移和内力计算结果见表 2-表 4。

表 2 顺桥向地震作用下两种方法主要截面的内力

墩号	位置	分析方法	剪力/kN	弯矩/(kN·m)
1#	墩底	反应谱	1 510.84	22 944.63
		时程	1 819.81	23 396.31
	墩顶	反应谱	1 127.19	19 767.90
		时程	1 291.68	19 303.30
2#	墩底	反应谱	1 568.13	11 856.23
		时程	1 287.07	9 444.52
	墩顶	反应谱	1 343.35	23 402.02
		时程	1 318.13	20 864.92

表 3 横桥向地震作用下两种方法主要截面的内力

墩号	位置	分析方法	剪力/kN	弯矩/(kN·m)
1#	墩底	反应谱	1 510.69	22 943.79
		时程	1 819.81	23 396.31
	墩顶	反应谱	1 071.98	11 625.66
		时程	1 324.70	21 545.69
2#	墩底	反应谱	1 084.44	27 135.62
		时程	1 437.44	11 201.78
	墩顶	反应谱	884.53	6 994.25
		时程	1 267.10	20 685.20

表 4 两种方法下主要截面的位移

作用	主要位置	分析方法	数值/cm
DX	1#墩墩顶	反应谱分析	8.08
		时程分析	7.32
	中跨跨中	反应谱分析	8.18
		时程分析	7.41
	2#墩墩顶	反应谱分析	7.98
		时程分析	7.25
DY	1#墩墩顶	反应谱分析	3.23
		时程分析	3.48
	中跨跨中	反应谱分析	6.20
		时程分析	6.57
	2#墩墩顶	反应谱分析	3.38
		时程分析	3.64
DZ	1#墩墩顶	反应谱分析	0.07
		时程分析	0.07
	中跨跨中	反应谱分析	0.56
		时程分析	0.52
	2#墩墩顶	反应谱分析	0.05
		时程分析	0.05

4 结 论

通过表 2-表 4 对反应谱分析结果和时程分析结果的对比,可以得出以下结论:

(1) 通过表 4 对比,可以看出顺桥向地震作用下的位移 DX,时程分析结果均比反应谱分析结果小 9% 左右,横桥向地震作用下的位移 DY,时程分析结果均比反应谱分析结果大 7% 左右,竖向地震作用下的位移 DZ,时程分析结果与反应谱分析结果基本一致。总体来讲,时程分析所得的位移结果与反应谱分析所得的位移结果相差幅值较小;

(2) 通过表 2 对比,可以看出顺桥向地震作用下桥墩的剪力,时程分析结果一般比反应谱分析结果小,最大达 36%,桥墩的弯矩,时程分析结果一般比反应谱分析结果小,最大达 65%;

(3) 通过表 3 对比,可以看出横桥向地震作用下桥墩的剪力,时程分析结果比反应谱分析结果大 32%,桥墩的弯矩,时程分析结果比反应谱分析结果大 25%;

以上的时程分析结果和反应谱分析结果的对比只代表所选用的地震波的时程分析和规范反应谱分析的差别,不能概括所有地震波的时程分析和规范反应谱分析的差别。反应谱法分析方法计算相对比较容易,因此在进行结构抗震设计时,一般情况下为首先选择的方法^[6]。但是由于反应谱分析方法不能准确地

反应结构所在场地的实际情况,在对大跨径桥梁进行抗震设计时,必须按照基于场地报告性分析,合成相应的人造波来进行时程分析,然后对这两种分析方法的计算结果进行比较分析来确定结构合理的抗震设计。

参考文献:

- [1] 项贻强,唐国斌,朱汉华,等. 预应力混凝土箱梁桥施工过程中底板崩裂破坏机理分析[J]. 中国公路学报,2010,23(5):71
- [2] PODOL N. The Cause of Cracking in Post Tensioned Concrete Box Girder Bridges and Retrofit Procedures[J]. PCI Journal, 1985,30(2):82-139
- [3] CHATELA J, GODART B, DUCHENE J. Detection, Diagnosis and Monitoring of Cracked Prestressed Concrete Bridges[C]. NOWAD A S. Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Bridge Evaluation, Repair and Rehabilitation. Dordrecht:Kluwer Academic Publishers,1990:145-159
- [4] 夏修身. 桥墩的弹塑性地震反应分析[D]. 兰州:兰州交通大学,2004
- [5] 张江,彭阳. 底板索水平布置的连续刚构桥自振特性分析[J]. 黑龙江科技信息,2011(8):101-103
- [6] 范立础,卓卫东. 桥梁延性抗震设计[M]. 北京:人民交通出版社,2001

Analysis of Seismic Response to Continuous Rigid Frame Bridges with Bottom Plate Level Layout

YAN Bo, ZHANG Meng-long

(School of Civil Engineering and Construction, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: The construction of Longteng Bridge on the second-rank road between Longling and Tengchong in Yunnan Province used pre-stress concrete continuous box girder layout, the span of this bridge is 58m + 102.25m + 63m, the bridge construction site is located in eight degree seismic area, as a result, the design of the bridge should consider earthquake-resistance. Based on design objective of earthquake-resistance principle, earthquake-resistance analysis under the action of earthquake is conducted including natural vibration characteristics analysis, response spectrum analysis and dynamic time-history analysis, which provides the clear basis for reasonable structure earthquake-resistance design.

Key words: bottom plate level layout; continuous rigid frame; earthquake-resistance analysis

责任编辑:代小红