

吴华平, 王立新, 刘 智. 东莞松山湖区既有桥梁震害预测[J]. 华南地震, 2015, 35 (4): 37-42. [WU Huaping, WANG Lixin, LIU Zhi. Seismic Damage Prediction of Existing Bridges of Songshan Lake in Dongguan City[J]. South china journal of seismology, 2015, 35(4): 37-42.]

东莞松山湖区既有桥梁震害预测

吴华平^{1, 2, 3}, 王立新^{1, 2, 3}, 刘 智^{1, 2, 3}

(1. 广东省地震局, 广州 510070; 2. 中国地震局地震监测与减灾技术重点实验室, 广州 510070; 3. 广东省地震预警与重大工程安全诊断重点实验室, 广州 510070)

摘要: 为客观、快速预测受地震影响时桥梁的震害状态, 借鉴同济大学朱美珍教授提出的桥梁震害预测经验模型及其震害预测指标系数值, 对东莞市松山湖区既有 4 座桥梁进行了震害分析, 得出了它们在遭遇地震烈度 VII 度、VIII 度、IX 度时的震害情况, 结果比较合理。

关键词: 桥梁; 震害预测; 经验模型

中图分类号: P315.9

文献标志码: A

文章编号: 1001-8662 (2015) 04-0037-05

DOI: 10.13512/j.hndz.2015.04.006

Seismic Damage Prediction of Existing Bridges of Songshan Lake in Dongguan City

WU Huaping^{1, 2, 3}, WANG Lixin^{1, 2, 3}, LIU Zhi^{1, 2, 3}

(1. Earthquake Administration of Guangdong Province, Guangzhou 510070, China; 2. Key Laboratory of Earthquake Monitoring and Disaster Mitigation Technology, CEA, Guangzhou 510070, China; 3. Key Laboratory of Earthquake Early Warning and Safety Diagnosis of Major Projects, Guangdong Province, Guangzhou 510070, China)

Abstract: In order to predict the seismic damage of the bridges fast and objectively, this paper adopts the seismic damage prediction model and index factors of bridges proposed by ZHU Meizhen, professor of Tongji University. Based on this model, the paper dose the seismic damage analyses for the 4 bridges located in Songshan Lake district in Dongguan city, and gets the damage case of the 4 bridges with three seismic intensities, i.e. VII, VIII and IX degree. The results obtained from the seismic damage analyses are rational and reliable.

Keywords: Bridge; Seismic damage prediction; Empirical models

收稿日期: 2015-07-10

基金项目: 东莞松山湖建筑物抗震性能鉴定与地震地质环境评价(东采公〔2013〕643号)

作者简介: 吴华平 (1980-), 男, 工程师, 主要从事地震工程方面的研究工作。

E-mail: 28154669@qq.com.

通讯作者: 王立新 (1976-), 男, 副研究员, 博士, 主要从事工程抗震、强震动监测方面的研究工作。

E-mail: wlxustc@hotmail.com.

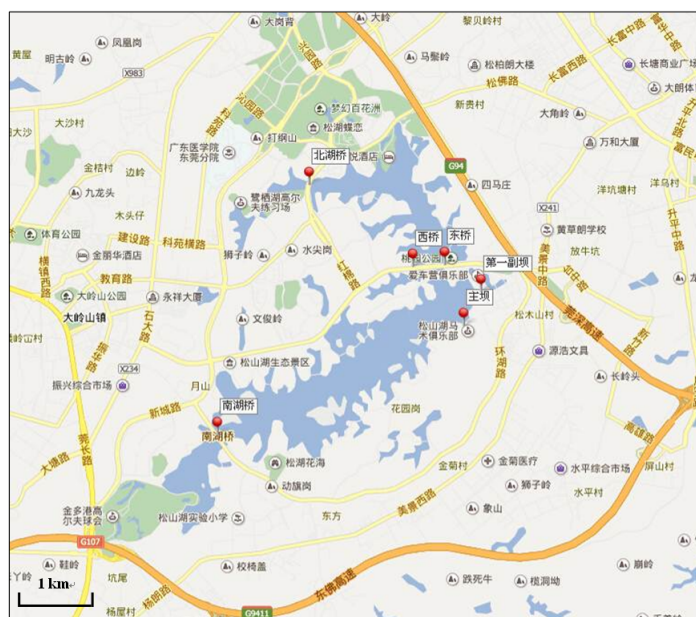
0 引言

在地震作用下,桥梁的结构可能会出现不同程度的损坏,作为交通系统中的重要组成部分,桥梁结构的受损情况直接影响着整个系统的运行状况,也直接影响抗震救灾工作的开展^[1]。若能快速获得震区各个桥梁受损信息,有利于决策人员依据这些信息制定有效救灾方案,有利于提高救灾效率,减小震害损失。此文试图借鉴同济大学朱美珍教授提出的桥梁震害预测经验模型及其震

害预测指标系数值,对东莞市松山湖区既有4座桥梁进行震害分析,获取它们在遭遇地震烈度VII度、VIII度、IX度时的震害情况。

1 松山湖桥梁概述

松山湖开发区内有四座桥梁,它们分别是松山湖西桥、松山湖东桥、松山南湖桥、松山北湖桥,各桥梁位置分布如下图1,各座桥梁外观及现状分别见照片1~8,各座桥梁的基本情况见表1。



注:西桥、东桥、南湖桥、北湖桥分别代表松山湖西桥、松山湖东桥、松山湖南湖桥、松山湖北湖桥。

图1 松山湖区域四座桥梁及主坝与第一副坝位置分布图

Fig.1 Distribution map of four bridges, the main dam and the first auxiliary dam in Songshan Lake area



照片1 松山湖西桥桥现状



照片2 松山湖西桥桥现状

从以上桥梁现状照片可以看出,松山湖地区四座桥梁运行状态良好,桥梁的墩、梁结构完好,

未发现明显裂缝、水泥脱落和钢筋裸露现象;地基和边坡稳定,未发现地基失效和滑坡等迹象。



照片 3 松山湖东桥现状



照片 4 松山湖东桥现状



照片 5 松山湖南湖桥现状



照片 6 松山湖南湖桥现状



照片 7 松山湖北湖桥现状



照片 8 松山湖北湖桥现状

2 桥梁震害等级划分

根据合同要求和工作深度要求,本项目未对工作区内的既有桥梁进行专门的抗震性能鉴定,主要借助朱美珍建立的有关桥梁震害预测模型对以上四座桥梁进行震害评估,以此来评价桥梁的

抗震性能。此方法已在广州市部分城区震害预测与防御对策研究项目、深圳经济特区震害预测与防御对策系统建设项目、东莞市市区震害预测与防御对策系统建设项目、中山市城区震害预测与防御对策系统建设项目得到普遍应用。

依据桥梁震害程度的不同,震害等级划分为

表 1 桥梁基本情况

Table 1 Basic situation of bridges

桥梁名称	建设年代/年	设防烈度	桥长/m	桥宽/m	跨数\跨长	上部结构	支座形式	基础形式
松山湖西桥	2005	Ⅶ	200	33.5	5 跨 \30+40+60+40+30	连续梁	消能支座	多排桩基础
松山湖东桥	2005	Ⅶ	260	33.5	7 跨 \2*30+40+60+40+2*30	连续梁	消能支座	多排桩基础
松山湖南湖桥	2002	Ⅶ	471	35.0	14 跨 \5*30+3*45+6*30	连续梁	消能支座	多排桩基础
松山湖北湖桥	2002	Ⅶ	168.6	35.0	4 跨 \32+2*48+32	连续梁	消能支座	多排桩基础

以下五类^[1-6]:

- (1) 基本完好。桥梁完好，非承载构件无损或出现轻微损伤，不影响桥梁结构的正常使用功能。
- (2) 轻微破坏。非承重结构损害，但承重结构完好或只出现允许的裂缝，对结构承载力无影响，震后经小修即可恢复正常使用。如墙、护坡、栏杆等非承载构件破损，桥面伸缩缝变化，梁轻微移动，墩台轻微变位，台背填土下沉等。
- (3) 中等破坏。主要承重结构破坏较重，如墩台轻微倾斜和变位，桩顶、桩与横系梁连接处、桥墩变截面处出现小裂缝，活动支座倾斜、移位，固定支座损坏，主梁纵横向变位，桥头引道下沉，锥坡破坏严重，桥梁承载力有所降低，经修复后可以正常使用。
- (4) 严重破坏。主要承重结构破碎、断裂，如梁裂缝，墩台滑移、断裂、严重倾斜，跨度明显变化，构件承载力明显降低，并处于危险状态，

桥梁需要修理或改建方能继续通车。

(5) 毁坏。墩台折损，倒毁、压屈、落梁，桥梁丧失使用功能。

3 桥梁震害预测方法

同济大学朱美珍基于我国唐山、海城、海通等地震中 100 多座公路桥梁震害的统计分析，建立了如下形式的震害预测经验公式^[2]:

$$A=W_0\prod_{j=1}^9\prod_{k=1}^{2或3}W_{jk}^{X_{jk}}$$

(1)

其中

$$X_{jk}=\begin{cases} 0 & \text{预测桥的}j\text{项目中无}k\text{类因素} \\ 1 & \text{预测桥的}j\text{项目中有}k\text{类因素} \end{cases}$$

(2)

式(1)中 A 为震害预测指标值; W_0 、 W_{jk} 为计算系数 (W_0 为调整系数回归值或建议值, W_{jk} 为震害影响系数值, j 代表第 j 个震害影响因子, k 代表各震害影响因子的类别), 具体见表 2; 下标 j 和 k

表 2 桥梁震害预测公式(1)系数值

Table 2 Coefficient values of bridge seismic damage prediction formula(1)

项目	类别	统计加权系数	采用系数值
地震烈度	Ⅶ	1.00	1.00
	Ⅷ	1.05	1.10
	Ⅸ	1.10	1.20
场地土分类	I		0.8
	II	1.00	1.00
	Ⅲ、Ⅳ	1.78	1.80
地基失效程度 (液化、边坡失稳)	无	1.00	1.00
	轻	1.52	1.50
	重	1.82	1.80
上部结构	钢架、单拱	1.00	1.00
	连续梁、板梁	1.13	1.10
	简支梁、悬臂梁	1.37	1.40
支座形式	有防落梁措施	0.70	
	消能支座 (橡胶支座)	1.00	1.00
	一般支座	1.03	1.10

(转下表)

(接表 2)

项目	类别	统计加权系数	采用系数值
墩台高度	<5 m	1.00	1.00
	5~10 m	1.02	1.10
	>10 m	1.05	1.20
墩台材料	钢筋混凝土	1.00	1.00
	砖石	1.05	1.10
基础型式	扩大基础、桩基础	1.00	1.00
	排架桩、高桩承台	1.20	1.20
桥梁长度	跨度≤3 跨, 跨长≥10 m	1.00	1.00
	跨度>3 跨, 跨长≥10 m	1.20	1.20
W_0	W	0.98	0.85

分别表示表 2 中的项目和类别^[1]。

然后通过表 3 中的震害程度临界值得到桥梁的震害程度^[2]。

由式(1)中计算得到桥梁的震害预测指标值，

表 3 震害程度临界值及对应震害指数和震害程度
Table 3 Critical value of earthquake damage degree and the corresponding damage index and damage

A	震害指数	震害程度
<1.23	1	基本完好
1.23~2.20	2	轻微破坏
2.20~3.38	3	中等破坏
3.38~4.40	4	严重破坏
>4.40	5	毁坏

4 桥梁震害分析

按照上述的震害预测方法，对工作区的桥梁进行震害分析，工作区各桥梁震害预测指标属性表、震害预测指标系数取值、不同地震烈度情况下震害指数与震害等级及震害预测结果分别如表 4~7 所示。

5 结语

通过对松山湖区域范围内的四座桥梁进行现场调查、室内资料收集整理和分析，并利用同济

大学朱美珍教授提出的震害预测经验模型，对其进行了震害分析，得出了它们在遭遇地震烈度 VII 度、VIII 度、IX 度时的震害情况。

(1) 四座桥梁的墩、梁结构现状良好，未发现明显裂缝、水泥脱落和钢筋裸露现象；地基和边坡稳定，未发现地基失效和滑坡等迹象。

(2) 依据桥梁震害预测结果可知：在遭遇地震烈度 VII 度影响时，松山湖西桥、松山湖东桥、松山湖南桥、松山湖北桥均表现为基本完好；在遭遇地震烈度 VIII 度影响和 IX 度时影响时，松山湖西桥、松山湖东桥、松山湖南桥、松山湖北桥均表现为轻微破坏；由此可见，松山湖区域范围

表 4 各桥梁震害预测指标属性值
Table 4 Attribute value of damage prediction index of each bridge

桥名	场地土分类	地基是否失效	上部结构	支座形式	墩台高度	墩台材料	基础形式	跨数\跨长
松山湖西桥	II	否	连续梁	消能支架	>10 m	钢筋混凝土	多排桩基础	5 跨 \30+40+60+40+30
松山湖东桥	II	否	连续梁	消能支架	>10 m	钢筋混凝土	多排桩基础	7 跨 \2*30+40+60+40+2*30
松山湖南湖桥	II	否	连续梁	消能支架	>10 m	钢筋混凝土	多排桩基础	14 跨 \5*30+3*45+6*30
松山湖北湖桥	II	否	连续梁	消能支架	>10 m	钢筋混凝土	多排桩基础	4 跨 \32+2*48+32

表 5 地震烈度 VII、VIII、IX 时各桥梁震害预测指标系数取值

Table 5 The bridge seismic damage prediction index coefficient values with seismic intensity of VII, VIII, IX												
桥名	场地土分类	地基是否失效	上部结构	支座形式	墩台高度	墩台材料	基础形式	跨数跨长	W ₀	VII	VIII	IX
										地震烈度系数	地震烈度系数	地震烈度系数
松山湖西桥	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2	1	1.0	1.2	0.85	1	1.1	1.2
松山湖东桥	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2	1	1.0	1.2	0.85	1	1.1	1.2
松山湖南湖桥	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2	1	1.0	1.2	0.85	1	1.1	1.2
松山湖北湖桥	1.0	1.0	1.1	1.0	1.2	1	1.0	1.2	0.85	1	1.1	1.2

表 6 地震烈度 VII、VIII、IX 时各桥梁震害指数及破坏状态

Table 6 The bridge seismic damage prediction index coefficient values and damage state with seismic intensity of VII, VIII, IX									
桥名	VII			VIII			IX		
	A	震害指数	破坏状态	A	震害指数	破坏状态	A	震害指数	破坏状态
松山湖西桥	1.14	1	基本完好	1.48	2	轻微破坏	1.62	2	轻微破坏
松山湖东桥	1.14	1	基本完好	1.48	2	轻微破坏	1.62	2	轻微破坏
松山湖南湖桥	1.14	1	基本完好	1.48	2	轻微破坏	1.62	2	轻微破坏
松山湖北湖桥	1.14	1	基本完好	1.48	2	轻微破坏	1.62	2	轻微破坏

表 7 桥梁震害预测结果

Table 7 Bridge seismic damage prediction results			
桥名	VII度	VIII度	IX度
松山湖西桥	基本完好	轻微破坏	轻微破坏
松山湖东桥	基本完好	轻微破坏	轻微破坏
松山湖南湖桥	基本完好	轻微破坏	轻微破坏
松山湖北湖桥	基本完好	轻微破坏	轻微破坏

内四座既有桥梁总体抗震性能良好，均满足小震不坏、中震可修、大震不倒的抗震设防要求。

(3) 分析同济大学朱美珍建立的震害预测经验公式、方法及四座桥梁的震害评估结果可知：桥梁的抗震性能与桥梁的上部结构型式、支座型式、墩台高度、墩台材料、基础型式、桥梁长度等因素密切相关。在场地条件相同的条件下，连续梁、钢架形式抗震性能最好，板梁、拱抗震性能次之，而简支梁、悬臂梁抗震性能相对较弱；采用防落梁措施的支座型式的桥梁抗震性能优于采用消能支座型式桥梁，采用消能支座型式桥梁抗震性能优于采用一般支座型式桥梁；桥梁墩台高度越低越有利于抗震；采用钢筋混凝土材料构筑墩台的桥梁抗震性能优于采用砖石材料构筑墩台的桥梁；扩大基础型式、沉井基础型式和多排桩基础型式的桥梁的抗震性能优于排架桩基础型式、高桩承台基础型式的桥梁；桥梁的跨度越小，跨数越少，越有利于抗震。

评估方法[J]. 北京工业大学学报, 2013, 39 (2): 192-197.

[2] 朱美珍. 公路桥梁震害预测的实用方法[J]. 同济大学学报: 自然科学版, 1994, 22 (3): 297-283.

[3] 黄起益, 曾显通. 厦门地区公路桥梁震害预测[J]. 福建建筑, 2013. 22 (6): 37-39.

[4] 庄丽, 冯启民, 贾婧. 改进的城市桥梁震害预测因子法研究及其应用[J]. 震害防御技术, 2007, 2 (3): 322-328.

[5] 姜淑珍, 林均歧. 城市桥梁震害预测方法的探讨[J]. 世界地震工程, 2004, 20 (4): 64-66.

[6] 王东升, 冯启民. 桥梁震害预测方法[J]. 2001.vol 10,no 3: 113-118.

参考文献:

[1] 郭恩栋, 赵钊, 王再荣, 等. 改进的梁式公路桥梁震害