

双固定墩抗震体系在景观连续梁桥中的应用

张永康, 吴晓杰

(山东省路桥集团有限公司, 山东 济南 250014)

摘要: 随着我国经济社会的发展, 景观连续梁桥越来越多, 各种景观造型及装饰极大地增加了桥梁上部结构自重、二期恒载及相应地震力。结合临沂市某景观桥工程, 从桥梁抗震“概念设计”出发, 通过采用新型抗震固定支座并进行合理布置, 实现了景观连续梁桥的双固定墩抗震体系。通过采用MIDAS软件对桥梁进行抗震验算, 验证了该抗震体系既满足正常使用变形要求, 又大大降低了墩柱地震力, 减少了下部结构材料投入, 为高地震烈度地区的景观连续梁桥抗震体系选择提供新的思路。

关键词: 桥梁抗震; 抗震体系; 双固定墩; 景观连续梁桥; 抗震验算

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)03-0023-04

Application of Double Fixed Pier Seismic System in Landscape Continuous Beam Bridges

ZHANG Yongkang, WU Xiaojie

(Shandong Road and Bridge Group Co., Ltd., Jinan 250014, China)

Abstract: With the development of economy and society in China, there are more and more landscape continuous beam bridges. Various landscape shapes and decorations greatly increase the superstructure weight, the second-phase permanent load and the corresponding seismic force of the bridge. Combined with a landscape bridge project in Linyi City, starting from the concept design of bridge seismic resistance, the double fixed pier seismic resistance system for landscape continuous beam bridges is realized by adopting the new seismic fixed bearings with the reasonable layout. By using MIDAS software, the seismic checking calculation of the bridge is carried out to verify that the seismic system not only meets the normal deformation requirements, but also greatly reduces the seismic force on piers and columns, reduces the input of substructure materials, which provides the new ideas for selecting the seismic resistant system of landscape continuous beam bridges in high seismic intensity areas.

Keywords: bridge seismic resistance; seismic resistant system; double fixed piers; landscape continuous beam bridge; seismic checking calculation

0 引言

随着我国经济社会的快速发展, 人们对桥梁的景观要求越来越高。连续梁桥具有受力合理、行车平顺等优点, 再配合各种景观造型及装饰, 可以取得良好的视觉效果, 在景观桥中被广泛采用。但景观效果提升的同时也极大地增加了连续梁桥上部结构自重及二期恒载, 地震力显著增加。在高地震烈度地区, 桥梁在震后救灾和重建中有着重要作用, 对景观连续梁桥抗震设计进行研究与探索具有重要意义。

“概念设计”是桥梁抗震设计的灵魂, 决定着各

项抗震措施的组合效果。对位于强震区的桥梁, 从桥梁抗震“概念设计”出发, 注重桥梁抗震体系的选择, 不仅能保证受力合理及结构安全, 还能取得较好的经济效益^[1]。

双固定墩抗震体系通过采用新型抗震固定支座, 实现了地震荷载作用下两个固定墩共同抵抗一联上部结构的纵向水平地震力, 正常使用阶段又可以满足梁体纵向变形要求。两个中墩共同承受地震力可以有效降低下部结构材料投入, 节约造价。

1 工程概况

1.1 桥梁介绍

该桥梁为新建城市景观桥梁, 所处道路等级为城市主干路, 位于临沂市区, 抗震基本烈度为8度, 汽车荷载采用城—A。桥位处景观河道宽度约80 m,

收稿日期: 2024-03-22

作者简介: 张永康(1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事桥梁设计及科研工作。

后期拟围绕该景观水系打造区域景观生态旅游带。

该桥梁采用古典中式风格,上部结构采用22 m+26 m+33 m+26 m+22 m五跨预应力混凝土变截面连续梁,下部结构采用墙式桥墩及薄壁桥台,墩台基础均为桩基础,后期通过桥梁装饰打造为五孔椭圆拱桥景观效果,桥梁景观效果见图1。



图1 桥梁正立面景观效果图

为达到拱桥造型景观效果,所有桥墩支点处梁高均采用3 m,考虑后期装饰等二期荷载,该桥上部结构自重较常规连续梁增加较多,现浇连续箱梁立面见图2。墩柱顺桥向宽度为1.6 m,最矮墩高7.4 m,顺桥向高宽比大于2.5,不属于矮墩。

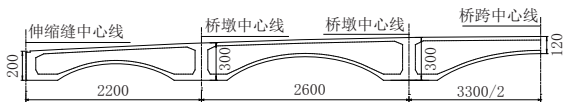


图2 现浇连续箱梁1/2立面图(单位:cm)

1.2 抗震设计标准

抗震设计标准直接决定了结构安全性和桥梁造价的高低,是整个桥梁抗震设计工作的目标及指导原则。

临沂市区抗震基本烈度为8度,基本地震加速度值为0.20g,属于高地震烈度地区。该桥综合考虑桥梁抗震安全性及震后修复的难易程度,在经济与安全之间合理平衡后,依据规范^[4]选取该桥抗震设防水准和抗震性能目标见表1。

表1 设防水准和抗震性能目标		
抗震设防水准	震后使用要求	损伤状态
E1地震作用 (小震)	立即使用	结构总体反应在弹性范围,基本无损伤
E2地震作用 (大震)	经临时加固,可供紧急救援车辆使用	不产生严重的结构损伤

2 双固定墩抗震体系设计

2.1 现有抗震体系比较

根据抗震思路的不同,连续梁桥的抗震体系主要有两类^[8]:(1)通过桥墩等桥梁特定延性构件自身的弹塑性变形来消耗地震能量的延性抗震体系;(2)通过设置减隔震支座等措施来减少地震作用的减隔

表2 主要抗震体系对比		
抗震体系	抗震原理	优缺点
延性抗震体系	通过自身延性消耗地震能量	受力明确,支座要求相对较低,但塑性构件须单独设计
减隔震抗震体系	通过延长结构的基本周期,减少地震作用	须设置减隔震支座,价格高且质量不易保证;实际减隔震效果难以准确计算模拟

震抗震体系,抗震体系对比见表2。

延性抗震体系概念清晰,施工简单,在常规连续梁桥中应用较多。但常规连续梁桥延性抗震体系中,在纵桥向地震作用下,主要通过单排固定墩将上部结构及二期恒载的地震力传给基础,造成其承担了绝大部分地震力,受力不合理,结构尺寸较大。

2.2 双固定墩抗震体系设计

连续梁桥双固定墩抗震体系的支座布置见图3,为同时满足桥梁正常使用与抗震的要求,其中一排固定支座(固定-A型)顺桥向要求有15 mm的位移量,并增加固定装置,既满足活动支座的正常使用要求,在地震作用下又能锁定,成为固定支座,抵抗地震力。

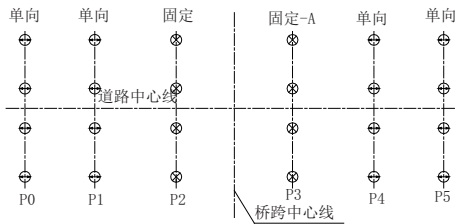


图3 双固定墩抗震体系支座布置

在一联连续梁桥中,双排固定支座须布置在中间两个相邻桥墩(P2、P3)处,其余桥墩及桥台处布置纵向活动支座。

3 抗震验算

3.1 计算模型

桥梁抗震计算分析采用有限单元方法,采用MIDAS Civil软件建立包含上、下部结构及桩基的空间抗震计算模型。桥梁具体构件模拟方法:考虑上部现浇梁在地震作用下以平动为主,将上部现浇梁通过梁单元模拟,二期恒载采用分布质量模拟;桥墩、桩基均采用梁单元进行模拟;桩基边界条件模拟时考虑土体对桩基的约束作用,通过沿桩基分段设置不同刚度的弹簧模拟,其刚度计算采用m法,有限元计算模型见图4。

根据支座实际位置及性能模拟上、下部结构连接,P1、P4桥墩设置滑动支座,P2、P3桥墩设置固定

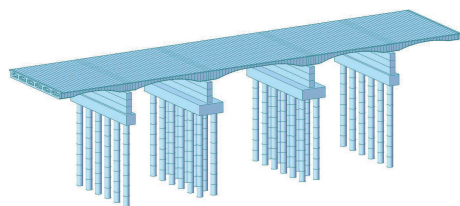


图4 有限元计算模型

支座;桥台支座设置滑动支座,只模拟支座,桥台不模拟。为进行抗震效果对比分析,按照 P2 单固定墩建立对比计算模型。

3.2 分析工况及计算方法

该桥采用 A 类抗震设计方法,为满足“小震不坏,大震可修”的抗震设防目标,抗震分析工况共两种:(1)E1 地震作用下,结构总体位于弹性阶段,桥墩满足抗弯强度要求;(2)E2 地震作用下,桥墩截面可发生屈服而产生塑性铰,但塑性铰区转动能力或墩顶位移须满足相关要求,以保证结构具有必要的延性。同时,桩基作为能力保护构件,其抗弯强度应满足要求。

采用反应谱法进行地震作用计算,振型组合采用 SRSS 方法,有效振型参与质量不低于 90%,根据规范选择 E1、E2 地震作用下设计加速度反应谱见图 5、图 6。根据 E2 地震作用下的试算结果,桥墩此时已进入塑性阶段,对其进行刚度修正后重新计算,对其计算结果进行桥墩塑性铰区强度、墩顶位移等指标验算。

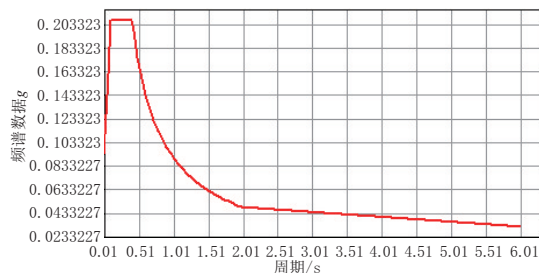


图5 E1 地震作用下反应谱曲线

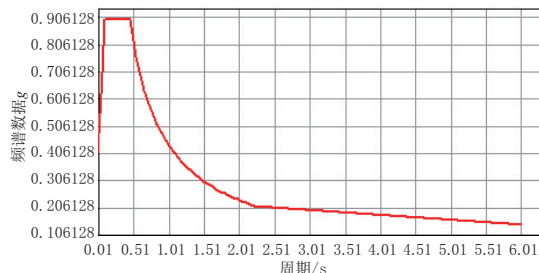


图6 E2 地震作用下反应谱曲线

4 抗震计算结果

4.1 双固定墩计算结果

计算结果表明,E1 地震作用下,双固定墩能较好

地均分地震力,除固定墩外的其余桥墩内力较小,各桥墩截面保持为弹性,计算结果见表 3,其中轴力为恒载与地震组合最不利轴力,即最小轴力。

表 3 E1 地震作用下桥墩强度验算

墩号	桥墩类型	最不利轴力/ kN	地震弯矩/ (kN·m)	抗弯能力/ (kN·m)
P1	非固定墩	29 278	9 922	180 986
P2	固定墩	35 651	60 580	111 785
P3	固定墩	35 651	60 580	111 785
P4	非固定墩	29 278	9 922	180 986

E2 地震作用下,桥墩进入塑性阶段,采用 M-PHI 曲线对桥墩塑性铰进行刚度修正后重新计算,计算结果显示双固定墩平均分摊了地震剪力,相关延性指标均满足要求,计算结果见表 4、表 5。

表 4 E2 地震作用下桥墩塑性铰区抗剪强度验算

墩号	桥墩类型	截面位置	地震剪力/kN	抗剪能力/kN
P2	固定墩	墩底	20 420	56 121
P3	固定墩	墩底	20 420	56 121

表 5 E2 地震作用下桥墩墩顶位移验算

墩号	桥墩类型	截面位置	计算位移/m	允许位移/m
P2	固定墩	墩顶	0.028 6	0.061 3
P3	固定墩	墩顶	0.028 6	0.061 3

E2 地震作用下,桩基最不利轴力、弯矩及验算结果见表 6。双固定墩大大减少了桩基弯矩,所有桩基内力值相差不大。其中桩基主筋采用 72 根 $\phi 32$ 钢筋,配筋率为 2.28%。

表 6 E2 地震作用下桩基抗震性能验算

墩号	桩径/m	地震轴力/ kN	地震弯矩/ (kN·m)	抗弯能力/ (kN·m)
P1	1.8	6 375	7 970	15 493
P2	1.8	7 059	8 859	15 493
P3	1.8	7 059	8 859	15 493
P4	1.8	6 375	7 970	15 493

4.2 单固定墩对比

E1 地震作用下,双固定墩体系与单固定墩体系桥墩弯矩对比见表 7,单固定墩地震弯矩比双固定墩增加了 93%,全桥地震力大部分由单固定墩承担,需增加桩基根数或加大桩基直径,受力不合理。

E2 地震作用下,双固定墩体系与单固定墩体系桩基弯矩对比见表 8,单固定墩桩基弯矩比双固定墩增加了 20%。

5 结 语

本文结合实际工程,针对上部自重较大的景观连续梁桥提出双固定墩抗震体系,给出了双固定墩

表7 E1地震作用下桥墩弯矩对比

墩号	桥墩类型	双固定墩地震弯矩/(kN·m)	单固定墩地震弯矩/(kN·m)	变化比例/%
P1	非固定墩	9 922	9 894	-0.2
P2	固定墩	60 580	116 903	93
P3	非固定墩	60 580	16 963	-72
P4	非固定墩	9 922	9 894	-0.2

表8 E2地震作用下桩基弯矩对比

墩号	桥墩类型	双固定墩地震弯矩/(kN·m)	单固定墩地震弯矩/(kN·m)	变化比例/%
P1	非固定墩	7 970	7 952	-0.2
P2	固定墩	8 859	10 628	20
P3	非固定墩	8 859	8 824	-0.4
P4	非固定墩	7 970	7 952	-0.2

具体设计方案,并对地震力进行计算分析。根据计算结果,双固定墩抗震体系实现了结构静力与抗震协调,可以大大减小固定墩地震力,节省下部结构及桩基工程量,结构受力体系更合理。该项目的成功

应用可以为类似桥梁抗震设计提供有益的经验 and 参考。

参考文献:

[1] 范立础.桥梁抗震[M].上海:同济大学出版社,1997.
[2] 叶爱君.桥梁抗震[M].北京:人民交通出版社,2002.
[3] 洪启伟.城市高架桥抗震体系适用性探讨[J].工程技术研究,2021(21): 159-160.
[4] CJJ 166—2011,城市桥梁抗震设计规范[S].
[5] 陈巧珊.城市高架桥梁采用双固定墩的抗震设计[J].中国市政工程,2010(4):29-31.
[6] 汤虎,李建中.连续梁桥固定墩减震设计方法研究[J].土木工程学报,2011,44(12):64-72.
[7] 孟洋.不同墩柱形式的城市高架桥抗震性能研究[J].城市道桥与防洪,2023(12):75-80.
[8] 毛玉东,李建中.大跨连续梁桥纵向减震机理和减震效果分析[J].同济大学学报(自然科学版),2016,44(2):185-191.
[9] JTG/T 2231-01—2020,公路桥梁抗震设计规范[S].
[10] 郭良,左路.城市高架桥梁抗震设计问题探讨[J].交通世界,2021(26): 111-112.
[11] 傅吉兴,王明晔,徐俊.高烈度区城市双层高架桥梁抗震设计新方案[J].城市道桥与防洪,2023(2):66-69.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

官方网址: <http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱: roadfloodbridge@163.com

