

DOI: 10.16799/j.cnki.esdqf.240826

VIII度区连续钢混组合梁桥抗震支座选型

庞兴

(北京市市政工程设计研究总院有限公司,北京市 100000)

摘要: 以(42+60+42) m跨径的变截面钢混组合梁为例,采用MIDAS Civil有限元软件对桥梁进行时程分析,在桥梁设置有效防落梁设施的前提下,对桥梁边墩的抗震支座进行比选,涉及板式橡胶支座、滑板支座、高阻尼支座3种类型支座,以墩柱内力、梁端位移、工程费为评判标准,得到最合适的边墩支座,为同类桥梁的合理抗震设计提供参考。

关键词: 钢混组合梁;抗震;支座;有限元;时程分析

中图分类号: U442.5

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)01-0110-04

Selection of Seismic Supports for Continuous Steel-concrete Composite Beam Bridges in Zone VIII

PANG Xing

(Beijing Municipal Engineering Design Research Institute Co., Ltd., Beijing 100000, China)

Abstract: Taking the variable cross-section steel-concrete composite beam with the span of (42+60+42) m as an example, MIDAS Civil finite element software is used to perform the time history analysis on the bridge. Under the premise of setting up the effective anti-falling beam facilities on bridges, the seismic supports for side piers of the bridge are compared and selected involving three types of supports such as plate rubber support, sliding plate support and high damping support. The most suitable side pier supports are obtained by evaluating the internal forces of pier columns, the beam end displacement and the engineering costs, which provides the reference for the rational seismic design of similar bridges.

Keywords: steel-concrete composite beam; anti-seismic; support; finite element; time history analysis

0 引言

地震具有很强的破坏力,我国又是一个多地震的国家,桥梁作为城市交通基础设施的重要组成部分,在地震灾害中起到生命线的作用,桥梁抗震设计是保障桥梁结构安全、减轻地震灾害损失的重要措施。属于矮墩的桥梁,需进行减隔震设计,往往采用特殊的减隔震支座代替普通支座实现减隔震的目的,从而减小下部结构的地震需求^[1]。目前减隔震支座价格相对较高、施工安装复杂、不易更换,而滑板支座、板式橡胶支座具有加工制作简单、价格低廉、施工安装方便等优点^[2]。

本文以(42+60+42) m跨径的变截面钢混组合梁为例,对桥梁边墩的抗震支座进行比选,以内力、梁端位移、工程费为评判标准,得到最合适的边墩支

座,为同类桥梁的合理抗震设计提供参考。

1 工程概况

本联桥上部结构采用变截面钢混组合梁,跨径为(42+60+42) m,中支点梁高3.0 m,跨中梁高2.0 m,边支点梁高2.0 m。桥梁宽度26.8 m,采用多箱单室断面,箱室宽3.25 m,横系梁长2.49 m。其中混凝土桥面板厚0.28 m,连续梁钢箱采用U形断面。

下部结构采用双柱预应力盖梁,盖梁跨中长度11.1 m,悬臂长度6.43 m,盖梁墩顶处高度2.6 m,跨中处高度1.8 m,梁端处高度1.1 m。墩柱尺寸为矩形墩,下设承台,边墩承台下接4根 $D=1.2$ m钻孔灌注桩,中墩承台下接4根 $D=1.5$ m钻孔灌注桩,详见图1、图2。

下部结构尺寸信息详情,见表1。

2 计算荷载

(1)结构自重:混凝土重度 26 kN/m^3 ,钢材重度

收稿日期: 2024-08-03

作者简介: 庞兴(1993—),男,硕士,工程师,从事桥梁设计工作。

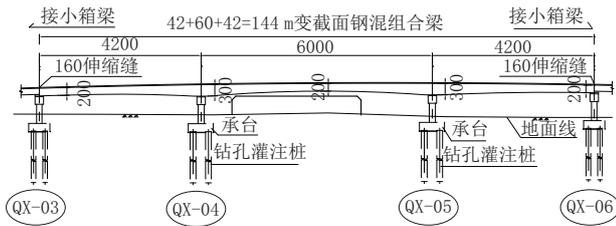


图1 桥梁纵断面图(单位:cm)

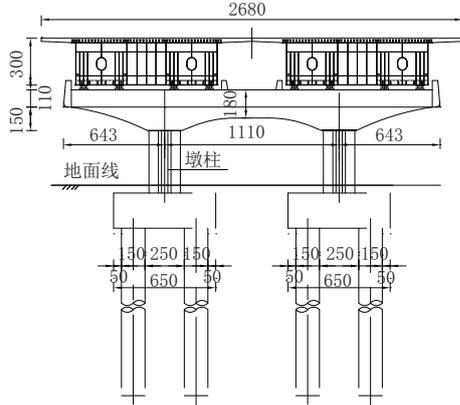


图2 桥梁横断面图(单位:cm)

表1 下部结构尺寸信息表

位置	墩柱尺寸 a(顺)× b(横)/m	墩柱高度/m	桩基直径/m
QX-03	1.8×1.4	2.843	1.2
QX-04	2.0×1.6	2.843	1.5
QX-05	2.0×1.6	3.585	1.5
QX-06	1.8×1.4	4.525	1.2

78.5 kN/m³,因加劲肋、焊缝等因素钢材重度考虑1.1倍系数。

(2)二期恒载:包括11 cm 沥青铺装、12 cm 混凝土铺装和两侧防撞栏杆,以均布荷载计入。

(3)桥面铺装:11 cm 厚沥青混凝土铺装,容重取25 kN/m³。

(4)混凝土铺装:12 cm 厚混凝土铺装,容重取26 kN/m³。

(5)防撞栏:单侧10 kN/m。

(6)地震力:本联桥位于城市快速路的高架桥,抗震设防分类为乙类,场地类别为Ⅲ类,桥所在区域地震基本烈度为Ⅷ度区,地震动峰值加速度为0.20g,特征周期为0.55 s。

3 支座选型及本构模型

QX-04—QX-05墩位采用HRD(I)670×770×294—G1.2高阻尼支座^[3],对边墩QX-03和QX-06轴的支座进行比选,涉及3种类型支座,板式橡胶支座、滑板支座^[4]、高阻尼支座,具体尺寸如表2所列。

表2 边墩支座选型尺寸表

编号	类型	长度/ mm	宽度/ mm	高度/ mm	竖向承 载力/kN
1	板式橡胶支座	600	350	99	2 006
2	滑板支座	600	350	102	2 006
3	高阻尼支座	470	420	197	1 990

其中板式橡胶支座考虑支座的滑动效应^[5],按照允许支座和梁底产生相对滑动,支座和墩顶不产生相对滑动考虑。板式橡胶支座和滑板支座本构按照双线性理想弹塑性弹簧模拟,板式橡胶和滑板支座参数见表3,具体参数详见《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01—2020)6.2.7小节。高阻尼隔震橡胶支座本构模型按照等效双线性恢复力模型,高阻尼支座参数见表4,具体参数详见《公路桥梁高阻尼隔震橡胶支座》(JTT 842—2012)附录A。

表3 板式橡胶和滑板支座参数表

编号	类型	摩擦 系数	临界摩 擦力/kN	水平刚度/ (kN·m ⁻¹)	竖向刚度/ (kN·m ⁻¹)
1	板式橡胶 支座	0.3	287.7	3 549	1 840 721
2	滑板支座	0.02	19.18	3 549	1 840 721

表4 高阻尼支座参数表

类型	水平屈服力/ kN	初始刚度/ (kN·m ⁻¹)	屈后刚度/ (kN·m ⁻¹)	等效刚度/ (kN·m ⁻¹)
边墩高阻尼 支座	93	9 690	1 490	1 990

4 有限元模型建立

本联桥梁计算采用MIDAS Civil 2020软件进行计算分析,全桥考虑土—下部结构—上部结构的协同工作抵抗纵、横桥向地震作用,利用土弹簧模拟桩—土相互作用,真实模拟桩基础和支座刚度,模型考虑P-Δ效应(见图3)。

依据《城市桥梁设计规范》(CJJ 166—2011)的规定,应采用时程方法进行桥梁的减隔震计算。参照《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01—2020)中第5.3节对于地震动时程的规定,选取了3条地震波,地震波的设计反应谱按照E2地震条件进行分别设计,参照《公路桥梁抗震设计规范》(JTG/T 2231-01—2020)中5.1.3条的规定,当采用时程分析方法时,同时输入水平X向和水平Y向两个方向的地震波时程计算地震效应。

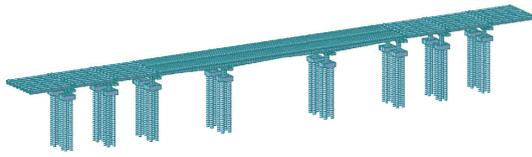


图3 桥梁计算模型图

5 计算结果

5.1 内力结果对比

在边墩不同支座条件下,全联桥梁墩柱的顺桥向内力如表5至表7所示。

表5 板式橡胶支座顺桥向墩柱内力表

编号	位置	最大轴力/ kN	最小轴力/ kN	墩底弯矩/ (kN·m)
1	QX-03	4 717	4 310	11 258
2	QX-04	18 194	17 803	19 289
3	QX-05	18 260	17 732	21 059
4	QX-06	4 885	4 430	12 702

表6 滑板支座顺桥向墩柱内力表

编号	位置	最大轴力/ kN	最小轴力/ kN	墩底弯矩/ (kN·m)
1	QX-03	4 689.5	4 328.8	6 807
2	QX-04	18 218.1	17 813.1	23 591.7
3	QX-05	18 310.1	17 714.4	25 817.8
4	QX-06	4 843	4 451.1	83 48.2

表7 高阻尼支座顺桥向墩柱内力表

编号	位置	最大轴力/ kN	最小轴力/ kN	墩底弯矩/ (kN·m)
1	QX-03	4 721	4 328	10 095.5
2	QX-04	18 163	17 779	18 693.2
3	QX-05	18 202	17 770	20 401.2
4	QX-06	4 873	44 29	12 241.6

从上述计算结果看,在顺桥向地震力作用下,由于桥梁跨度大且采用支座体系,框架效应不明显,动轴力效应不明显,3种支座情况最大轴力与最小轴力比均小于1.10,墩柱的轴力差距不大;但由于3种类型支座刚度存在差异,导致墩柱的弯矩存在很大的差距,对于桥梁中墩QX-04、QX-05墩位,滑板支座情况墩柱弯矩最大,其他两种支座情况,墩柱弯矩较接近,对于边墩QX-03、QX-06墩位,与中墩弯矩结果相反,滑板支座情况墩柱弯矩最小,其他2种支座情况,墩柱弯矩较接近。

在边墩不同支座条件下,全联桥梁墩柱的横桥向内力如表8至表10所列。

从上述计算结果看,在横桥向地震力下,由于横桥向框架效应,墩柱之间存在明显的动轴力效应。对于边墩QX-03、QX-06墩位,滑板支座的动轴力效

表8 板式橡胶支座横桥向墩柱内力表

编号	位置	最大轴力/ kN	最小轴力/ kN	墩顶弯矩/ (kN·m)	墩底弯矩/ (kN·m)
1	QX-03	6 261	2 951	5 120	2 627
2	QX-04	21 431	14 064	15 384	10 569
3	QX-05	21 665	13 851	16 408	9 923
4	QX-06	6 589	28 57	5 949	3 114

表9 滑板支座横桥向墩柱内力表

编号	位置	最大轴力/ kN	最小轴力/ kN	墩顶弯矩/ (kN·m)	墩底弯矩/ (kN·m)
1	QX-03	5 286	3 610	4 452	2 723
2	QX-04	22 635	14 438	15 318	12 470
3	QX-05	22 959	14 270	16 269	12 267
4	QX-06	5 534	3 616	4 817	1 400

表10 高阻尼支座横桥向墩柱内力表

编号	类型	最大轴力/ kN	最小轴力/ kN	墩顶弯矩/ (kN·m)	墩底弯矩/ (kN·m)
1	QX-03	6 119	3 057	4 947	2 692
2	QX-04	21 231	14 226	15 215	10 244
3	QX-05	21 469	14 024	16 201	9 553
4	QX-06	6 427	2 990	5 694	2 881

应相较其他2种支座情况最小,最大轴力与最小轴力比值为1.46~1.53,板式橡胶支座和高阻尼支座最大轴力与最小轴力比分别为2.12~2.30,2.00~2.15。3种支座情况,对应轴号的墩柱间轴力差异不大。对于桥梁中墩QX-04、QX-05墩位,墩顶弯矩较为接近,对于墩底弯矩,滑板支座情况墩柱弯矩最大,其他两种支座情况,墩柱弯矩较接近。对于边墩QX-03、QX-06墩位,与中墩弯矩结果相反,墩底弯矩较接近,滑板支座情况的墩柱墩顶弯矩最小,其他2种支座情况,墩柱弯矩较接近。

根据上述墩柱在顺桥向和横桥向地震力作用下墩柱的内力,按照材料标准值,对墩柱进行配筋,配筋结果见表11,钢筋型号均为HRB400。

5.2 位移结果对比

在边墩不同支座条件下,桥梁梁端位移结果见表12。

从上述计算结果看,在地震力作用下,边墩采用滑板支座的桥梁梁端位移最大,滑板支座>板式橡胶支座>高阻尼支座,滑板支座的桥梁梁端位移与板式橡胶支座及高阻尼支座的比值分别为顺桥向1.27、1.32,横桥向1.39、1.51。

6 工程费用对比

边墩处均布置8个支座,对本联桥梁选定的边支座进行询价,其中单个规格GBZJ600×350×99板式

表 11 墩柱配筋表

类型	编号	位置	顺桥向配筋	横桥向配筋
板式橡胶支座	1	QX-03	18根 d28+16根 d28	12根 d22
	2	QX-04	20根 d25+18根 d25	14根 d25
	3	QX-05	20根 d28+18根 d25	14根 d28
	4	QX-06	18根 d32+16根 d28	12根 d25
滑板支座	1	QX-03	18根 d25	12根 d22
	2	QX-04	20根 d32+18根 d28	14根 d25
	3	QX-05	20根 d32+18根 d32	14根 d28
	4	QX-06	18根 d32	12根 d22
高阻尼支座	1	QX-03	18根 d25+16根 d25	12根 d22
	2	QX-04	20根 d25+18根 d25	14根 d25
	3	QX-05	20根 d28+18根 d25	14根 d28
	4	QX-06	18根 d32+16根 d28	12根 d22

表 12 梁端位移表

单位:cm

编号	类型	顺桥向位移	横桥向
1	板式橡胶支座	16.72	14.04
2	滑板支座	21.23	19.62
3	高阻尼支座	15.97	12.97

橡胶支座价格730元,单个规格GBZJF 4 600×350×102
滑板支座价格850元,单个规格HRD(1)670×770×294-
G1.2高阻尼支座价格11 600元,同时对墩柱配筋量及混
凝土量按照概算计算工程费用,如表13所示。

对支座及墩柱工程费进行合计,采用橡胶支座
费用合计为450 998元,采用滑板支座费用合计为
443 854元,采用高阻尼支座合计为621 910元。

表 13 单根墩柱工程费用表

单位:元

编号	类型	板式橡胶支座	滑板支座	高阻尼支座
1	QX-03	44 143	36 470	41 450
2	QX-04	50 637	56 037	50 637
3	QX-05	61 621	68 224	61 621
4	QX-06	63 258	54 396	64 447
合计		219 659	215 127	218 155

7 结 语

(1)在保证设置限位设施的情况下,板式橡胶支
座、滑板支座及高阻尼支座均能达到减震效果。

(2)3种支座选型对比,采用高阻尼支座的工程
费用最高,滑板支座的桥梁梁端位移最大。

(3)滑板支座的位移量已超过规范要求的标准
支座顺桥向和横桥向位移量,需对滑板支座进行定
制,需考虑额外增加的定制费用。

(4)3种支座选型均需设计限位装置,建议抗震
计算时,考虑板式橡胶支座的滑动效应,按照减隔震
设计。

参考文献:

- [1] 彭坤,徐秀丽,李雪红,等.板式橡胶支座滑动性能试验研究[J].中外公路,2020(4):73-77.
- [2] 李枝军,葛飞,徐秀丽,等.板式橡胶支座性能有限元模拟与试验研究[J].东南大学学报(自然科学版),2013(11):1299-1304.
- [3] JT/T 842—2012,公路桥梁高阻尼隔震橡胶支座[S].
- [4] JT/T—2019,公路桥梁板式橡胶支座[S].
- [5] 项乃亮,崔侠侠,李建中.板式橡胶支座滑动摩擦性能试验及其力学模型[J].同济大学学报(自然科学版),2016(12):1828-1834.

《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

