

文章编号: 1005-0523(2020)05-0038-09

不同墩截面形式的高墩连续梁桥地震响应分析

陈水生^{1,2}, 葛圣林^{1,2}, 彭爱红³

(1. 华东交通大学土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 华东交通大学土木工程国家实验教学示范中心, 江西 南昌 330013;
3. 江西省公路桥梁工程有限公司, 江西 南昌 330029)

摘要:为研究高墩连续梁桥中桥墩结构对其抗震性能的影响,以石坪二桥为背景,利用 Ansys 有限元软件建立实心矩形薄壁墩、双柱式墩、空心矩形薄壁墩 3 种不同墩截面形式的桥梁模型,并对三者的动力特性和抗震性能进行对比分析。结果表明:反应谱分析时,E1 和 E2 地震作用下的桥墩响应结果规律相同;双柱式墩的墩顶位移大于矩形薄壁式墩,其墩底弯矩小于矩形薄壁式墩。一致激励作用下,空心矩形薄壁墩的墩底内力小于实心矩形薄壁墩,但墩顶位移较大;相比于矩形薄壁式墩,双柱式墩的墩底处有较小的内力,而在墩顶处的位移较大。通过反应谱分析和一致激励分析比较 3 种桥墩结构的地震响应结果发现,双柱式墩可以减小全桥结构在地震作用下的内力响应,且符合位移验算,具有较好的抗震性能。

关键词:高墩连续梁桥;动力特性;反应谱分析;一致激励分析

中图分类号:U443

文献标志码:A

本文引用格式:陈水生,葛圣林,彭爱红.不同墩截面形式的高墩连续梁桥地震响应分析[J].华东交通大学学报,2020,37(5):38-46.

Citation format:CHEN S S,GE S L,PENG A H. Seismic response analysis of high pier continuous beam bridge with different cross sections[J]. Journal of East China Jiaotong University,2020,37(5):38-46.

DOI:10.16749/j.cnki.jecjtu.2020.05.006

由于近几年我国高速公路桥梁技术的飞速进步,平原地区的高速公路桥梁网已经趋于完善。我国大多数高墩桥梁建设地形逐渐以山地和丘陵为主,此类桥梁具有墩高、曲线、大跨度以及大纵坡等特点,为桥墩的结构形式提出了更高要求。目前常采用的形式主要有柱式墩、实体式墩和空心薄壁式墩。综合施工便利性、经济性等因素,双柱式墩在桥墩高度小于 40 m 的高速公路桥梁中应用更为广泛,而墩高达 35 m 以上的双柱式高墩连续梁桥因其上部结构质量较大,整个桥梁结构具有“头重脚轻”的特点^[1],易导致在地震荷载下桥梁动力响应较大。

与矩形薄壁式墩相比,双柱式墩不仅在截面刚度及质量上发生了变化,其动力特性和抗震性能也与矩形薄壁式墩有着明显不同。范城域,张行^[2]分析高墩桥梁中的桥墩高度对其抗震性能的影响,发现不同高度的桥墩对结构振型的影响主要体现在刚度和质量两方面,其中刚度的改变对桥墩的抗震性能起主要作用,从整体效果上来讲,桥墩的高度增加对桥墩的抗震性能是有利的。王克海,李茜^[3]对高墩桥梁进行抗震性能分析,研究高墩的动力特性和地震响应特点,认为适当的改变结构形式对降低桥墩的地震响应能达到较好的效果。谢锡康,朱木青等^[4]研究了在地震荷载作用下不同桥墩高度、不同桥墩截面形式等因素对高墩连续刚构桥的内力及变形的影响,并指出相比较于矩形截面桥墩,圆形截面桥墩对墩顶位移影响较大,而空心矩形桥墩截面与实心矩形桥墩截面形式对墩顶内力的影响较小,且桥梁下部使用空心墩较为经济。陈水生,黄里^[5]利用有限元 Midas-civil 对带溪高架桥进行动力时程分析,探讨了不同桥墩截面形式对结构抗震性能的影响,得出在墩高超过 30 m 的桥梁中,对薄壁式墩而言,双柱式墩有较小的墩底内力和墩顶位移。盛伟兵^[6]在对高速公路桥不同结构型式高墩使用的研究过程中,发现高度为 40 m 以下的桥墩采用双柱式墩,不仅可

收稿日期:2020-03-02

基金项目:国家自然科学基金项目(51468018);江西省自然科学基金项目(20181BAB206043,20181BAB206041)

作者简介:陈水生(1968—),男,教授,博士,研究方向为土木工程结构振动与控制。E-mail:shschen@126.com。

以满足承载力和稳定性的要求,而且满足抗震规范规定的二级设防要求,且从经济性角度考虑,柱式墩的造价约为薄壁式墩的0.42倍。陈水生,刘璐^[7]研究了横系梁对双柱式高墩连续梁桥抗震性能的影响,分析了横系梁的数量、不同位置和不同刚度对桥墩的墩底内力以及墩顶位移的地震响应结果,得出横系梁可以有效地提高双柱式墩的抗震性能。

不少学者针对墩高在30 m以下的双柱式桥墩地震响应进行了一系列分析^[8-12],而对墩高40 m左右的双柱式墩研究较少。为进一步分析双柱式墩在墩高超过30 m桥梁的可靠使用,在前人研究的基础上,以石坪二桥(下文简称“本桥”)为工程背景,建立了实心矩形薄壁高墩连续梁桥、双柱式高墩连续梁桥和空心矩形薄壁高墩连续梁桥的有限元模型,得到了三者的动力特性,通过反应谱法和一致激励分析的计算结果进行比较,确定高墩连续梁桥在抗震设计中合理桥墩结构的选择。

1 抗震分析方法

1.1 反应谱分析

由于本桥最大跨径小于150 m,根据我国现行抗震规范《08细则》^[13]可知该桥抗震设防类别为B类,对其进行E1,E2地震作用的抗震标准设计。上述两种地震作用效应的抗震重要性系分别对应0.5和1.7,抗震设防烈度为Ⅵ,场地类别属于Ⅲ类场地,设计地震动峰值加速度系数是0.05 g,查取区划图上的特征周期为0.40 s,考虑调整值,取 $T_g=0.55$ s,反应谱阻尼比参数取0.05。

根据上文参数求得在E1,E2地震作用下水平加速度反应谱最大值 S_{\max} 为

$$\text{E1 地震作用下: } S_{\max}=2.25C_iC_sC_dA=0.3615 \text{ m/s}^2 \quad (1)$$

$$\text{E2 地震作用下: } S_{\max}=2.25C_iC_sC_dA=2.2491 \text{ m/s}^2 \quad (2)$$

1.2 一致激励分析

在桥梁结构的抗震分析中,反应谱法和时程分析法是目前普遍使用的两种分析方法。反应谱法只能得出结构各振型反应的最大值;时程分析法可以弥补反应谱法的不足,能够计算出地震波作用于每个质点的瞬时位移、速度、加速度及各结构的内力^[14]。

由《08细则》可知,本桥是中小跨径桥梁,所以采用一致激励法分析其结构的抗震性能。在分析过程中,选取合理正确的地震加速度时程,综合考虑不同震级地震的频谱特性、持续时长以及相应的有效峰值。结合场地的实际条件科学合理选择场地类别,使两者特征周期尽量相同;除此之外,持续时间为5~10倍的结构基本周期;加速度有效峰值应当和实际地震峰值强度相同。抗震规范中指出当取3组地震时程波时,最终结果取最大值;当采用7组地震时程波计算时,取7组计算结果的平均值。本文分别采用3组地震波进行研究,取其计算结果的最大值进行分析,由文献[15]可知Taft波的计算结果为最大值,故而选取Taft波进行抗震分析。

下面就所选取的Taft波从频谱特性、有效峰值和持续时间的地震动进行详细说明。

1) 频谱特性。场地设计加速度峰值

$$PGA=S_{\max}/2.25=2.25C_iC_sC_dA/2.25=C_iC_sC_dA=0.9996 \text{ m/s}^2 \quad (3)$$

Taft波的有效峰值加速度

$$EPA=S_a/2.5=1.3214 \text{ m/s}^2 \quad (4)$$

Taft波的有效峰值速度

$$EPV=S_v/2.5=0.72 \text{ m/s}^2 \quad (5)$$

式中: S_a 和 S_v 分别代表绝对加速度反应谱和拟速度反应谱。

特征周期

$$T_g=2\pi\frac{1}{\omega}=EPV/EPA=0.545 \text{ s} \quad (6)$$

式(6)计算的结果与场地特征周期0.55 s接近

2) 有效峰值。Taft 波的横向加速度调整系数为

$$\eta_1 = S_{\max} / 2.25 / EPA = 0.7565 \quad (7)$$

Taft 波的竖向加速度调整系数为

$$\eta_2 = 0.65 \times \eta_1 = 0.65 \times S_{\max} / 2.25 / EPA = 0.4917 \quad (8)$$

3) 持续时间。3 种不同高墩结构桥梁的第一阶自振周期分别为 $T_1 = 0.613 \text{ s}$, $10T_1 = 6.13 \text{ s}$; $T_1 = 0.932 \text{ s}$, $10T_1 = 9.32 \text{ s}$; $T_1 = 0.878 \text{ s}$, $10T_1 = 8.78 \text{ s}$, 所选用的 Taft 地震波持续时间为 54.5 s , 地震的有效持续时长最长在 10 s 左右, 可见, 选取的地震波符合建设所需。

2 高墩连续梁桥抗震分析模型

2.1 实例分析

以江西昌铜高速的石坪二桥为实例进行分析, 该桥是一座五跨一联(跨径 40 m)的高墩先简支后连续 T 型梁桥, 1#~4# 墩的墩高分别为 $19.1, 40.6, 41.1 \text{ m}$ 和 36.6 m , 如图 1 所示。由于桥墩高度各不相同, 为了模拟板式橡胶支座, 将 1#、4# 墩顶与 T 梁铰接, 铰接处约束横桥向、竖向平动自由度; 设计时考虑到桥梁上部结构的纵向“爬移”, 在高度较大的 2#、3# 墩的墩梁处采用固结的形式, 固结处约束全部自由度, 使其具有相同的变形; 桥梁两端采用竖向约束支撑且在各墩底进行固结处理。主梁横截面由 6 片 T 梁组成, 桥面全宽 13 m 、底面全宽 12.05 m , 如图 2 所示。为了研究该桥桥墩结构对抗震响应的影响, 分别对实心矩形薄壁墩、双柱式墩、空心矩形薄壁墩 3 种不同截面形式的桥墩结构进行了抗震分析, 3 种墩型结构桥梁具有相同的上部结构、墩高以及边界条件, 其墩截面形式如表 1 所示。

墩型 1: 采用 $7.25 \text{ m} \times 2.3 \text{ m}$ 的矩形截面实心薄壁墩;

墩型 2: 采用直径为 2.0 m 的圆形双柱式墩, 在 1# 墩墩身 $1/2$ 高度布置一道系梁, 4# 墩分别在墩身 $1/3$ 和 $2/3$ 倍高度布置两道系梁, 2# 墩和 3# 墩分别在墩身 $0.4, 0.5, 0.7$ 倍高度布置三道系梁, 横系梁的截面尺寸为 $1.4 \text{ m} \times 1.6 \text{ m}$;

墩型 3: 采用与墩型 2 截面面积相等的空心矩形薄壁墩。

使用 Ansys 有限元软件分别建立以上 3 种墩型的桥梁分析模型, 用梁单元模拟 T 梁, 用实体单元模拟其它结构构件, T 梁使用 C50 混凝土, 桥墩使用 C40 混凝土, 盖梁、系梁则使用 C30 混凝土。其中墩型 1 的桥梁有限元模型如图 3 所示。

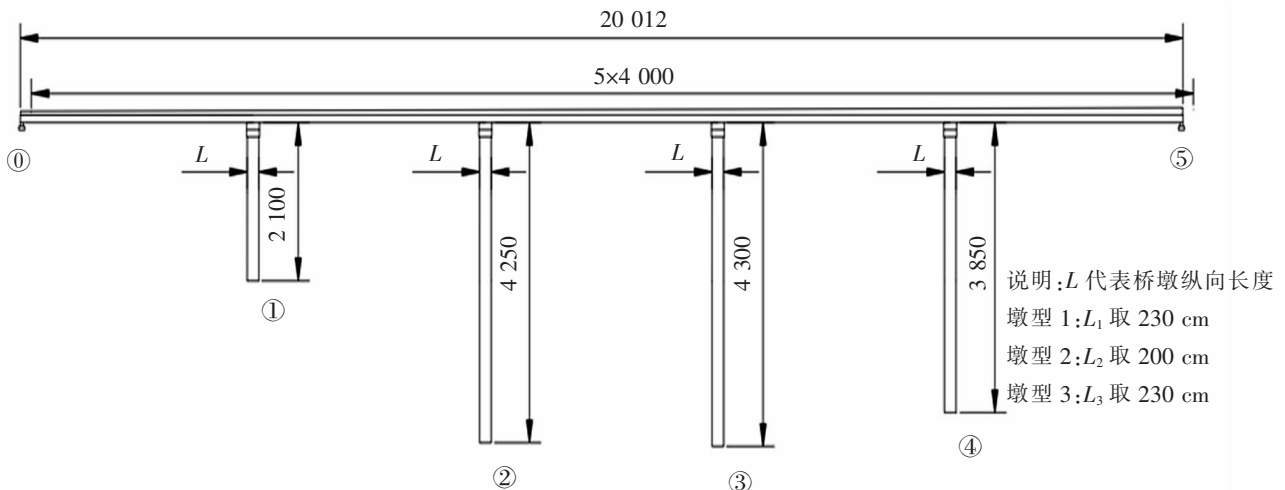


图 1 桥梁总体布置图(单位:cm)

Fig.1 Layout of overall bridge(Unit:cm)

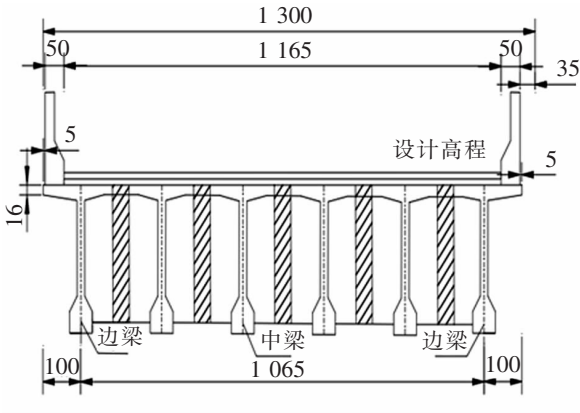


图 2 主梁横截面(单位:cm)
Fig.2 Main beam cross section(Unit:cm)

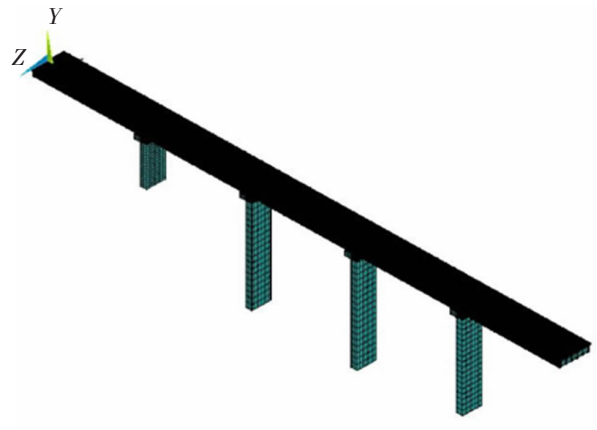


图 3 实心矩形薄壁高墩连续梁桥有限元模型
Fig.3 Finite element model of double-column high pier continuous beam bridge

表 1 3 种墩截面形式
Tab.1 Three types of pier section

墩型	墩截面面积/m ²	数量	截面尺寸/mm
实心矩形薄壁墩 (墩型 1)	16.675	1	
双柱式墩 (墩型 2)	6.28	1	
空心矩形薄壁墩 (墩型 3)	6.28	1	

2.2 动力特性分析

桥梁结构的自振频率、振型等是反应结构动力特性的重要参数,是评估其动力性能的参考依据。基于对墩型 1、墩型 2 以及墩型 3 桥梁结构进行模态分析,从而知道这三者的动力特性差异,3 种墩型桥梁有限元模型计算得出的自振频率及振型如表 2 所示。

表 2 3种墩型桥梁模型前十阶自振频率及振型

Tab.2 The top ten orders of natural vibration frequency and mode shape for three types of pier-type bridge models

自振阶数	墩型 1/Hz	振型特征	墩型 2/Hz	振型特征	墩型 3/Hz	振型特征
1	1.631 2	桥墩纵弯	1.072 2	桥墩纵弯	1.139 5	桥墩纵弯
2	2.545 8	纵漂	1.991 0	纵漂	2.223 1	纵漂
3	2.643 4	正对称横向弯曲	2.561 9	正对称横向弯曲	2.870 7	桥墩纵弯
4	3.196 4	反对称横向弯曲	2.710 1	反对称横向弯曲	3.274 1	反对称横向弯曲
5	3.342 8	桥墩纵弯	2.876 5	桥墩纵弯	3.300 9	正对称横向弯曲
6	3.464 0	正对称横向弯曲	2.961 3	正对称横向弯曲	3.493 6	反对称横向弯曲
7	3.696 3	桥墩纵弯	3.180 1	桥墩纵弯	3.722 4	桥墩纵弯
8	3.801 0	桥墩纵弯	3.228 2	桥墩纵弯	3.853 0	桥墩纵弯
9	3.882 6	桥墩纵弯	3.385 5	桥墩纵弯	4.151 6	桥墩纵弯
10	4.171 1	桥墩纵弯	3.442 3	桥墩纵弯	4.567 3	桥墩纵弯

从表 2 可知:墩型 2 桥梁结构的第 1 阶自振频率较墩型 1 和墩型 3 分别减小了 32.63%和 39.21%,说明在相同墩高的情况下,墩型 2 桥梁的结构刚度弱于墩型 1 桥梁、墩型 3 桥梁。同时,3 种墩型桥梁结构的基本振型以桥墩纵弯为主,说明高墩连续梁桥梁的结构纵向刚度相对薄弱。

3 反应谱分析结果

通过两种地震荷载反应工况(①纵向+竖向;②横向+竖向)对 3 种墩型桥梁结构采用反应谱法进行地震响应分析。在纵、横桥向以 1 倍的水平地震加速度输入,竖直方向以 0.65 倍的水平地震加速度输入。经过计算得出,三者分别在 E1 和 E2 地震作用下各桥墩的墩底弯矩和墩顶位移如表 3、表 4 所示。

表 3 E1 地震作用下墩顶位移和墩底弯矩

Tab.3 Top section displacement and pier bottom moment under the action of E1 earthquake

墩型	墩号	纵向+竖向		横向+竖向	
		墩底弯矩/(kN·m)	墩顶纵向位移/cm	墩底弯矩/(kN·m)	墩顶横向位移/cm
1	1#	5 416	0.25	35 131	0.17
	2#	10 869	0.83	76 115	0.42
	3#	14 690	1.03	98 575	0.61
	4#	9 515	0.65	70 345	0.38
2	1#	783	0.41	1 674	0.32
	2#	3 862	1.52	4 598	0.71
	3#	4 353	1.76	5 154	0.92
	4#	3 027	0.73	3 760	0.53
3	1#	935	0.38	1 728	0.32
	2#	5 260	1.15	5 616	0.58
	3#	5 307	1.34	6 086	0.68
	4#	3 855	0.68	4 281	0.41

表4 E2地震作用下墩顶位移和墩底弯矩
Tab.4 Top section displacement and pier bottom moment under the action of E2 earthquake

墩型	墩号	纵向+竖向		横向+竖向	
		墩底弯矩/(kN·m)	墩顶纵向位移/cm	墩底弯矩/(kN·m)	墩顶横向位移/cm
1	1#	18 765	0.75	107 934	0.61
	2#	32 453	3.08	254 945	2.39
	3#	36 028	3.39	302 028	2.83
	4#	29 374	2.46	233 808	1.86
2	1#	2 663	1.32	4 528	1.12
	2#	15 605	4.52	16 098	4.25
	3#	17 429	5.87	17 986	4.83
	4#	10 342	2.86	12 815	2.75
3	1#	3 258	1.21	4 738	0.94
	2#	16 085	3.36	18 362	3.67
	3#	19 650	3.93	20 250	4.18
	4#	12 348	2.65	13 683	2.42

从表3、表4结果可知,在反应谱分析中,E1,E2地震作用使3种墩型桥梁的最大墩顶截面位移和墩底弯矩均出现在3#墩处,且墩型2在E2地震作用时的3#墩顶实际最大位移为5.87cm,根据《08细则》第7.4条规定,计算3#桥墩的墩顶位移为13.28cm,从而满足墩顶容许位移要求,其余墩也均满足墩顶位移验算的要求。在纵向+竖向地震作用下,对墩型1与墩型3进行比较可发现,前者具有较大的墩底弯矩和较小的墩顶纵向位移。在横向+竖向地震作用下,各墩型桥梁的墩顶横向位移比墩顶纵向位移小,但墩底弯矩比纵向+竖向地震作用下的墩底弯矩要大。

在E1和E2地震作用下,3种墩型的墩顶位移和墩底弯矩变化趋势基本一致:墩型2的各桥墩墩顶纵、横向位移比墩型1、墩型3更大,但具有较小的墩底弯矩。在E1地震作用时,地震作用较小;E2地震作用时,地震效应明显,各桥墩地震响应较大。综上可知:墩型2具有一定的框架效应,能够有效限制墩顶位移,同时对地震作用时产生的弯矩起到分配作用,具有良好的抗震性能,且满足内力和位移验算的条件。

4 一致激励分析结果

在Ansys有限元软件中输入纵向+竖向地震动组合,竖向地震波的调整系数为水平向地震波调整系数的0.65倍,采用一致激励的方法以加速度的形式施加到各结构支撑点上,3种墩型桥梁结构桥墩的地震响应计算结果见表5至表7,2#墩和3#墩顶位移时程曲线如图4、图5。

表5 实心矩形薄壁(墩型1)的地震响应
Tab.5 Seismic response of piers of solid rectangular thin-walled (Pier type 1)

墩号	墩顶位移/cm	墩底剪力/kN	墩底弯矩/(kN·m)
1#	0.21	4 562	5 124
2#	0.74	8 823	9 758
3#	0.99	10 257	12 956
4#	0.58	7 129	7 968

表6 双柱式墩(墩型2)的地震响应
Tab.6 Seismic response of piers of double-column (Pier type 2)

墩号	墩顶位移/cm	墩底剪力/kN	墩底弯矩/(kN·m)
1#	0.36	684	719
2#	1.46	3 139	3 745
3#	1.53	3 545	4 167
4#	0.65	2 748	2 988

表7 空心矩形薄壁(墩型3)的地震响应
Tab.7 Seismic response of bridge piers of hollow rectangular thin-walled (Pier type 3)

墩号	墩顶位移/cm	墩底剪力/kN	墩底弯矩/(kN·m)
1#	0.32	732	926
2#	0.94	4 161	4 738
3#	1.17	4 592	5 142
4#	0.63	3 268	3 927

由表5至表7可知,在一致激励地震作用下,3种墩型桥梁结构的墩顶位移以及墩底内力具有基本相同的规律:3种截面形式的2#、3#墩的墩顶位移和墩底内力均大于1#、4#,由此说明随着墩高的增大,墩顶的地震响应也会随之增强;墩型2在各墩底处的内力均小于墩型1、墩型3,说明墩型2的结构刚度和结构形式对内力分配产生了影响,有利于提高抗震性能。由图4,图5可知,墩型1和墩型3的位移时程曲线具有一样的变化规律,且两者墩顶最大位移均小于墩型2的墩顶最大位移,由此说明:相对于墩型1和墩型3,墩型2的抗弯刚度较弱,框架效应也较弱,双柱式墩对结构位移的影响大于其他桥墩结构形式。

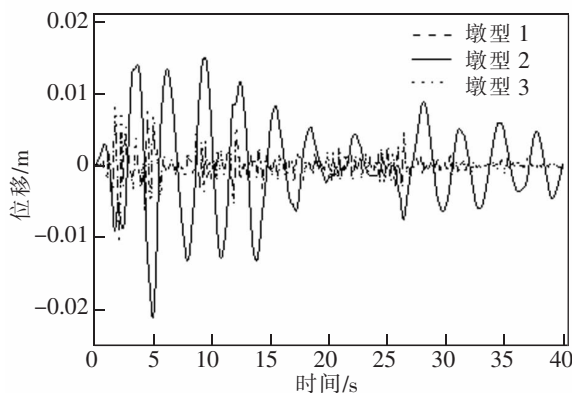


图4 3种墩型高墩连续梁桥2#墩位移时程曲线
Fig.4 Three high pier continuous beam bridge 2# displacement time history curve

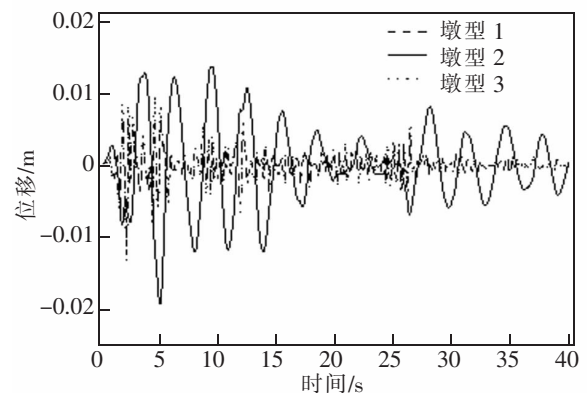


图5 3种墩型高墩连续梁桥3#墩位移时程曲线
Fig.5 Three high pier continuous beam bridge 3# displacement time history curve

5 结论

基于反应谱法和时程分析法,分析了3种不同墩截面形式的高墩连续梁桥地震响应结果。得出以下主要结论:

1) 通过反应谱方法分析发现,在E1和E2两种地震作用下,不同型式桥墩的墩底弯矩和墩顶位移具有相同的规律:双柱式墩的墩底弯矩小于实心矩形薄壁式墩、空心矩形薄壁式墩,而其墩顶位移大于后两者;实心矩形薄壁墩的墩底弯矩大于空心矩形薄壁墩,但其桥墩墩顶位移较小于后者。

2) 一致激励作用下,双柱式墩的墩顶位移大于实心矩形薄壁式墩、实心矩形薄壁墩,但其墩底处的内力小于后两者。双柱式墩使得桥梁地震作用减小,有利于降低桥梁的内力响应,提高抗震性能,这是由于双柱式墩较另外两种墩型刚度较小的结果。

3) 在相同能量输入的情况下,对比纵向+竖向组合作用下的两种抗震分析方法所得出的各桥墩墩顶位移和墩底弯矩,一致激励分析得到的地震响应结果偏小,并且接近于反应谱分析时E1地震作用得到的响应结果。

4) 对比另两种墩型,高度为40 m左右的双柱式墩,仍可以满足抗震性能要求,如果考虑双柱式墩的经济性能指标,建议在40 m左右的高墩梁桥采用双柱式墩。

参考文献:

- [1] 王克海. 桥梁抗震研究[M]. 北京:中国铁道出版社,2007:381-382.
- [2] 范城城,张行. 墩高对抗震性能影响分析[J]. 工程与建设,2018,32(4):546-549.
- [3] 王克海,李茜. 高墩桥梁地震响应分析[J]. 世界桥梁,2006(1):41-43.
- [4] 谢锡康,朱木青,王爽. 高墩连续刚构桥不同影响因素的地震响应分析[J]. 公路工程,2016,41(4):261-264.
- [5] 陈水生,黄里. 双柱式桥墩刚度对桥梁地震响应分析[J]. 华东交通大学学报,2014,31(3):29-34.
- [6] 盛伟兵. 高速公路桥墩高结构型式分析研究[D]. 南昌:华东交通大学,2013.
- [7] 陈水生,刘珺. 横系梁对双柱式高墩桥梁抗震性能的影响[J]. 华东交通大学学报,2017,34(4):1-6.
- [8] 兰峰,王克海. 中小跨径双柱式高墩桥梁横系梁对抗震性能的影响[J]. 公路交通科技,2011,28(5):92-97.
- [9] 谭慧. 双柱式桥墩横系梁设置对抗震性能的影响[D]. 昆明:昆明理工大学,2013.
- [10] 王涛,徐秀丽,黄纬国,等. 双柱墩抗震性能及墩顶位移影响因素分析[J]. 公路工程,2017,42(4):86-90.
- [11] 龙佩恒,张广达,焦驰宇,等. 连续梁桥双柱墩抗震性能影响参数分析[J]. 工程抗震与加固改造,2017,39(5):30-136.
- [12] 柏小勇,杨加发,朱家荣. 双柱式矮墩系梁对桥梁抗震性能的影响[J]. 交通科技,2018(6):13-16.
- [13] 中华人民共和国交通运输部. JTG/TB02-01-2008 公路桥梁抗震设计细则[S]. 北京:人民交通出版社,2008.
- [14] 李立峰,王连华. ANSYS 土木工程实例详解[M]. 北京:人民邮电出版社,2015:299-300.
- [15] 刘珺. 双柱式高墩连续梁桥减隔震分析[D]. 南昌:华东交通大学,2017.

Seismic Response Analysis of High Pier Continuous Beam Bridge with Different Cross Sections

Chen Shuisheng^{1,2}, Ge Shenglin^{1,2}, Peng Aihong³

(1. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 2. National Experimental Teaching Demonstration Center of Civil Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China; 3. Jiangxi Highway and Bridge Engineering Co. Ltd., Nanchang 330029, China)

Abstract: In order to study the influence of the pier structure on the seismic performance of the high-pier continuous beam bridge, the software Ansys was applied to establish three bridge models with various pier cross sections including solid rectangular thin-walled pier, double-column pier and hollow rectangular thin-walled pier to further analyze the dynamic characteristics and seismic performance of the models. The results show that the response results of the bridge pier under earthquakes of E1 and E2 are the same in the response spectrum analysis: the displacement of double-column pier top is larger than that of rectangular thin-walled pier, and the pier base bending moment is smaller than that of rectangular thin-walled pier. Under uniform excitation, the internal force at the bottom of a hollow rectangular thin-walled pier is smaller than that of a solid rectangular thin-walled pier, but the displacement at the top of the pier is larger; compared with the rectangular thin-walled pier, the internal force at the bottom of the double-pillar pier is smaller and the displacement at the top of the pier is larger. Through response spectrum analysis and consistent excitation analysis, it is found that the double-pillar pier can reduce the internal force response of the whole bridge structure when earthquake occurred which accord with the displacement calculation possessing excellent seismic performance.

Key words: high pier continuous beam bridge; dynamic characteristics; response spectrum analysis; consistent excitation analysis