

中央扣对不同悬吊结构体系悬索桥的影响分析

宋 晖¹, 林 恰², 唐茂林², 沈锐利², 王晓东¹, 王武刚³

(1. 中交公路规划设计院有限公司, 北京 100088; 2. 西南交通大学桥梁系, 成都 610031;

3. 浙江省舟山连岛工程建设指挥部, 浙江舟山 316000)

[摘要] 为研究中央扣对不同悬吊结构体系悬索桥受力的影响, 文章以西堽门大桥为背景, 采用西南交通大学编制的桥梁非线性计算软件 BNLAS 建立了计算模型, 模型中主缆的跨度为 578 m + 1 650 m + 465 m。通过比较加劲梁不同的支承形式分析中央扣对悬索桥受力的影响。

[关键词] 中央扣; 悬吊; BNLAS; 支承形式

[中图分类号] TU311.2 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2010)07-0022-06

1 前言

悬索桥由主缆、加劲梁、桥塔、吊索、锚碇 5 个部分组成, 有时体系有一些变化, 如主缆对加劲梁不同的悬吊方式, 对两塔三跨悬索桥而言, 就可以有单跨悬吊、双跨悬吊、三跨悬吊 3 种结构体系, 不同悬吊结构体系各自有其不同的结构力学特性。对于悬索桥而言, 为提高结构的抗风稳定性、减小吊索弯折疲劳及梁端纵向位移, 跨中可考虑采用中央扣构造^[1-3]。所谓中央扣(又称中央夹具), 就是在悬索桥跨中, 通过一定的构造措施把主缆和加劲梁连接起来, 使两者在跨中处相对固定^[4,5]。加劲梁的支承体系主要是指加劲梁在桥塔处是否连续, 按照这个标准可以分为非连续体系和连续体系; 对于连续体系来说, 又可以按照桥塔处加劲梁是否有竖向支承分为连续漂浮体系和连续支承体系^[6,7]。文章为研究中央扣对不同悬吊结构体系悬索桥的受力影响, 采用西南交通大学编制的桥梁非线性计算软件 BNLAS^[8,9] 建立空间有限元模型, 通过改变加劲梁的支承形式来研究中央扣对不同支承不同悬吊体系悬索桥受力的影响。

2 设置中央扣对单跨悬吊结构体系悬索桥受力的影响

2.1 对汽车荷载作用效应的影响

图 1 及图 2 分别为单跨简支体系中汽车荷载作用下中央扣对其加劲梁竖向弯矩及竖向挠度的影响。

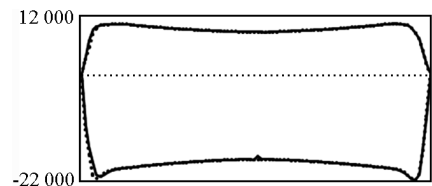


图 1 加劲梁活载竖向弯矩(单位: kN·m)

Fig. 1 Live-load vertical moment of girder(unit: kN·m)

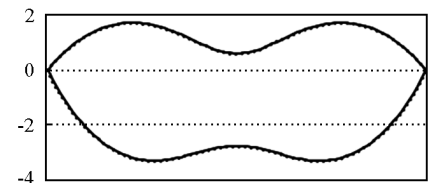


图 2 加劲梁活载竖向挠度(单位: m)

Fig. 2 Live-load vertical deflection of girder(unit: m)

由图 1 及图 2(文章图表如无特别说明, 虚线为

[收稿日期] 2010-04-23

[基金项目] 国家科技支撑计划重点项目(2008BAG07B01)

[作者简介] 宋 晖(1968-), 男, 湖南长沙市人, 高级工程师, 主要从事桥梁结构设计、设计咨询(审查)等方面的实际工作;

E-mail: sh1968@263.net

无中央扣结果)的结果表明中央扣的设置对加劲梁结构活载竖向弯矩及竖向挠度影响很小,没有引起单跨悬吊结构体系竖向刚度的明显变化。

2.2 对横向风载作用效应的影响

表1给出了单跨简支体系中极限风载作用下中央扣对结构受力的影响。

表1 横向风载作用结果
Table 1 The results of transverse wind - load

项目	有中央扣		无中央扣		绝对增量		比值增量/%	
	有车	极限	有车	极限	有车	极限	有车	极限
1/4 跨中弯矩/(kN·m)	-15 098	-72 599	-15 106	-72 641	-8	-42	0.05	0.06
1/2 跨中弯矩/(kN·m)	-10 323	-497 19	-10 282	-49 535	41	184	-0.40	-0.37
桥塔弯矩/(kN·m)	241 170	1 167 286	241 177	1 167 318	7	32	0.00	0.00
1/4 跨中位移/m	1.756	8.452	1.756	8.454	0	0.002	0.00	0.02
1/2 跨中位移/m	2.099	10.11	2.099	10.109	0	-0.001	0.00	-0.01
北塔梁端纵向位移/m	0.048	0.299	0.048	0.3	0	0.001	0.00	0.33
桥塔横向位移/m	0.067	0.325	0.067	0.325	0	0	0.00	0.00

加劲梁在横向风荷载作用下,设置中央扣对结构在风载作用下的桥塔塔根弯矩、梁端纵向位移、桥塔横向位移的影响均很小。因此可以得出结论,中央扣的设置不影响单跨悬吊结构体系的横向刚度。

3 设置中央扣对两跨悬吊结构体系悬索桥受力的影响

3.1 对竖向弯矩的影响

图3给出了两跨连续纵飘、纵向约束、纵竖向弹

性约束以及两跨简支体系中汽车荷载作用下中央扣对其加劲梁竖向弯矩的影响。设置中央扣只对两跨连续纵飘体系中的桥塔处加劲梁截面、两跨连续纵向约束中的桥塔及中央扣处截面的活载竖向弯矩有一定影响,而对不同支承条件下的其他位置影响甚小。设置中央扣增大了两跨连续加劲梁体系的梁端纵向位移,而对两跨非连续加劲梁体系恰好相反。两跨连续体系中,由于桥塔处加劲梁存在一个较大的无索区,使得该处加劲梁活载竖向弯矩很大。

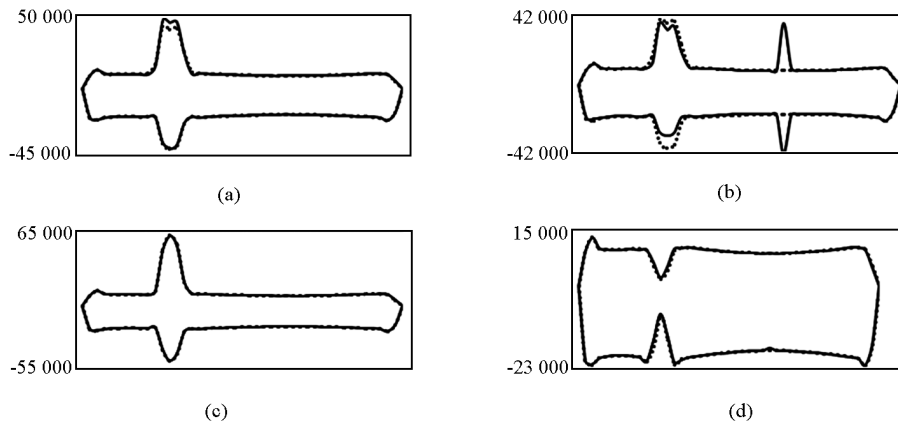


图3 两跨悬索桥不同支承下加劲梁活载竖向弯矩(单位:kN·m)

Fig.3 Live - load vertical moment of girder in two - span suspension bridge with different supporting forms(unit:kN·m)

3.2 对竖向挠度的影响

图4给出了两跨连续纵飘、纵向约束、纵竖向弹性约束及简支体系中汽车荷载作用下中央扣对其加劲梁竖向挠度的影响。

设置中央扣对两跨连续纵飘体系的桥塔附近加劲梁竖向挠度有一定影响,对其他位置加劲梁竖向挠度影响很小;对两跨连续纵向约束体系除中央扣附近截面外的其他位置影响较大;对两跨连续纵竖向弹性约束体系和两跨简支体系的加劲梁竖向挠度

的影响极小。

3.3 对横向弯矩的影响

图5为两跨连续纵飘、纵向约束、纵竖向弹性约束及简支体系在极限横风作用下中央扣对其加劲梁横向弯矩的影响。对于两跨悬吊体系悬索桥而言,横向风载作用最大横向正弯矩为桥塔横向抗风支座位置,最大横向负弯矩为主跨1/4位置,且中央扣的设置基本上不改变结构横向弯矩。

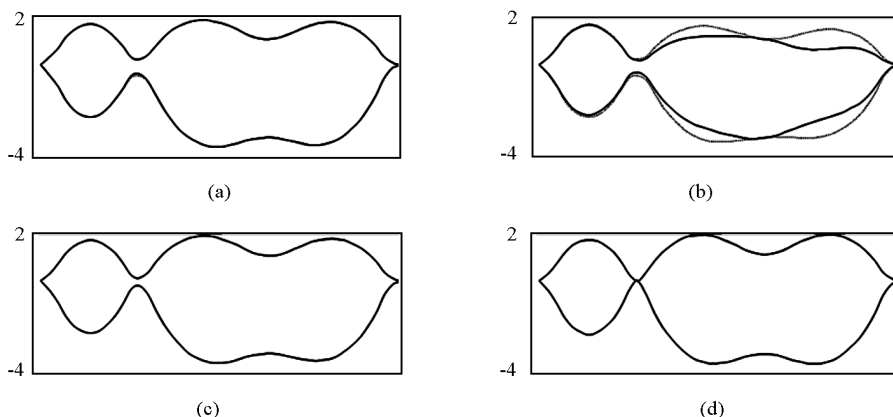


图4 两跨悬索桥不同支承下加劲梁活载竖向挠度(单位:m)

Fig.4 Live-load vertical deflection of girder in two-span suspension bridge with different supporting forms(unit:m)

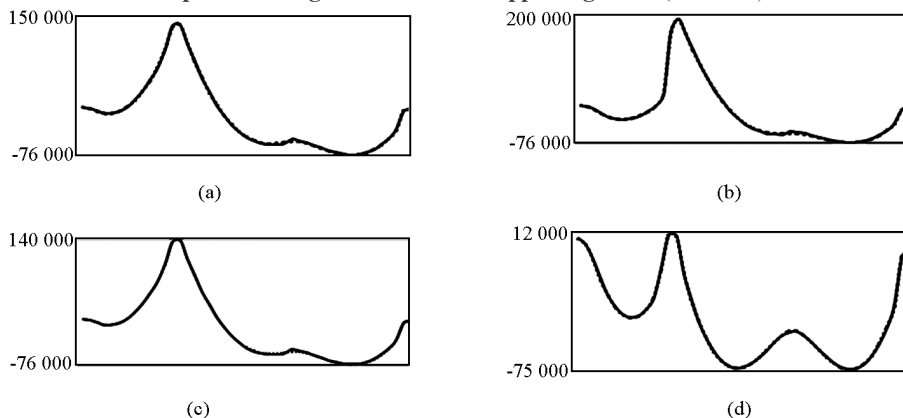


图5 两跨悬索桥不同支承下加劲梁横风弯矩(单位:kN·m)

Fig.5 Transverse-wind moment of girder in two-span suspension bridge with different supporting forms(unit:kN·m)

3.4 对横向挠度的影响

图6为两跨连续纵飘、纵向约束、纵竖向弹性约束及简支体系中极限横风作用下中央扣对其加劲梁横向挠度的影响。

对于两跨连续纵飘及两跨连续纵竖向弹性约束体系,边跨与主跨为连续加劲梁,在横向风荷载下,

加劲梁有相反的变形趋势,在边跨加劲梁的变形与主跨相反。对于两跨连续纵向约束及两跨简支体系,在横向风载作用下,边跨加劲梁的变形与主跨相互独立。中央扣对两跨悬吊体系横向挠度基本无影响。

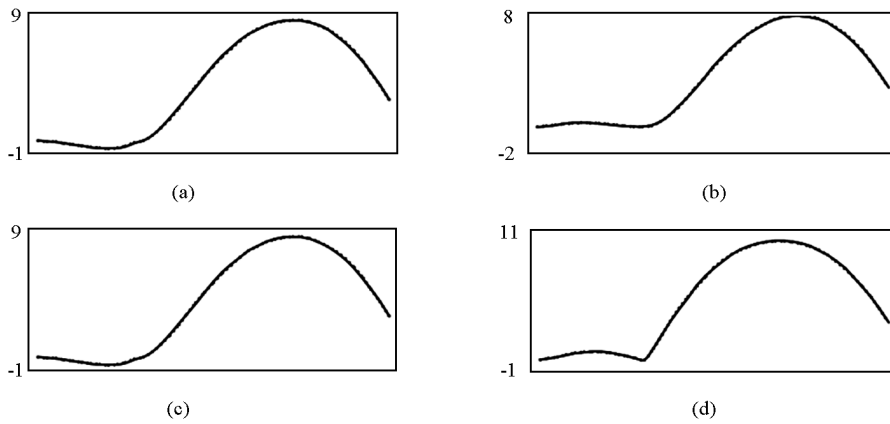


图6 两跨悬索桥不同支承下加劲梁横风挠度(单位: m)

Fig. 6 Transverse - wind deflection of girder in two - span suspension bridge with different supporting forms(unit: m)

4 设置中央扣对三跨悬吊结构体系悬索桥受力的影响

4.1 对竖向弯矩的影响

图7给出了有无中央扣时三跨连续纵飘、纵向约束、纵竖向弹性约束及简支体系中汽车荷载作用下的

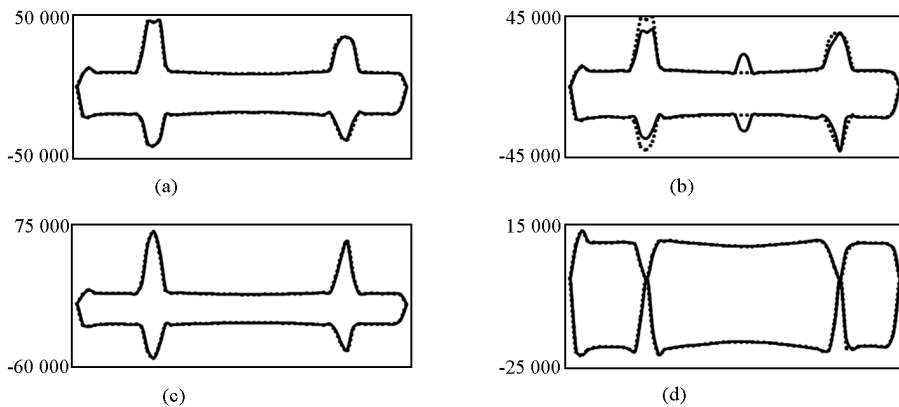


图7 三跨悬索桥不同支承下加劲梁活载竖向弯矩(单位:kN· m)

Fig. 7 Live - load vertical moment of girder in three - span suspension bridge with different supporting forms(unit: kN· m)

4.2 对竖向挠度的影响

图8给出了有无中央扣时三跨连续纵飘、纵向约束、纵竖向弹性约束及简支体系中汽车荷载作用下的竖向挠度。在4种不同的加劲梁支承方式中,只有三跨连续纵向约束体系中跨加劲梁活载竖向挠度受中央扣影响显著;其他3种支承方式基本不受影响,且挠度最大值均出现在中跨1/4跨位置。

竖向弯矩。中央扣对三跨连续纵飘、纵竖向弹性约束及筒体系加劲梁竖向弯矩影响很小,仅对三跨连续纵向约束结构体系桥塔及中央扣附近加劲梁截面竖向弯矩有较大影响。对于连续体系而言,桥塔处存在较长的无索区,因此桥塔处截面的竖向弯矩最大,而非连续体系桥塔处弯矩为0。

4.3 对横向弯矩的影响

图9为有无中央扣时三跨连续纵飘、纵向约束、纵竖向弹性约束以及三跨简支体系中极限风载作用下的横向弯矩。三跨悬吊体系中,不同的加劲梁支承方式对结构极限横风作用下的横向弯矩基本没有影响,且最大横向正弯矩出现在桥塔横向抗风支座处,最大横向负弯矩出现在中跨1/4跨处。

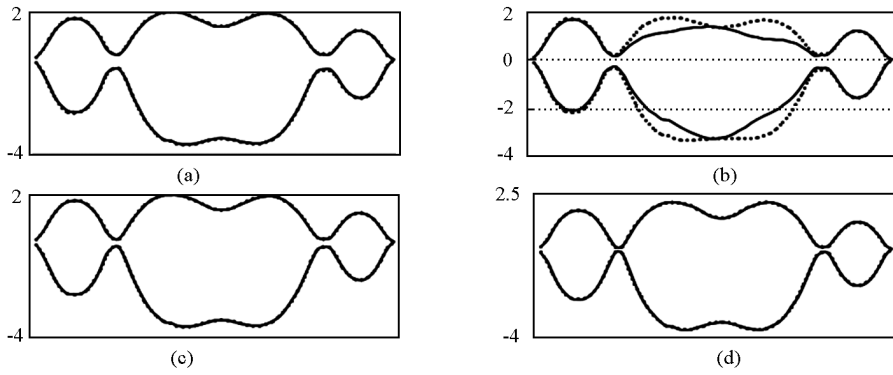


图 8 三跨悬索桥不同支承下加劲梁活载竖向挠度(单位: m)

Fig. 8 Live-load vertical deflection of girder in three-span suspension bridge with different supporting forms(unit: m)

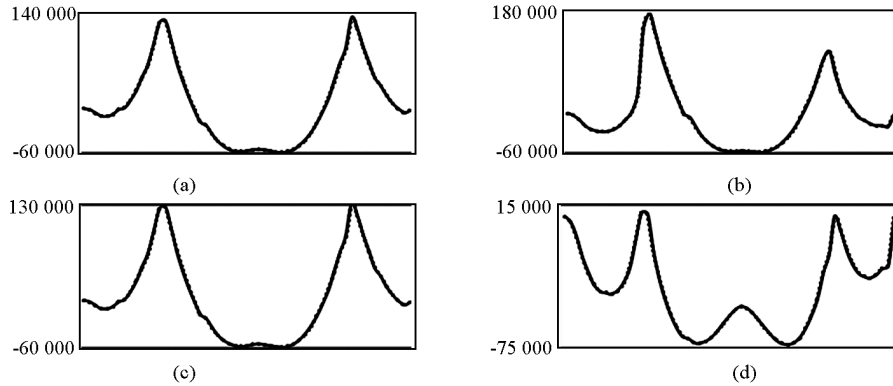


图 9 三跨悬索桥不同支承下加劲梁横风弯矩(单位: kN·m)

Fig. 9 Transverse-wind moment of girder in three-span suspension bridge with different supporting forms(unit: kN·m)

4.4 对横向挠度的影响

图 10 给出了有无中央扣时三跨连续纵飘、纵向约束、纵竖向弹性约束及简支体系中极限风载作用下的横向挠度。对于三跨悬吊体系而言,不同的加劲梁支承方式对结构极限横风作用下的横向挠度基

本没有影响,且最大横向正弯矩出现在中跨跨中位置。三跨连续纵飘与纵竖向弹性约束体系中,边跨与主跨有相反的变化趋势;而三跨连续纵向约束及三跨简支体系中两者相互独立。

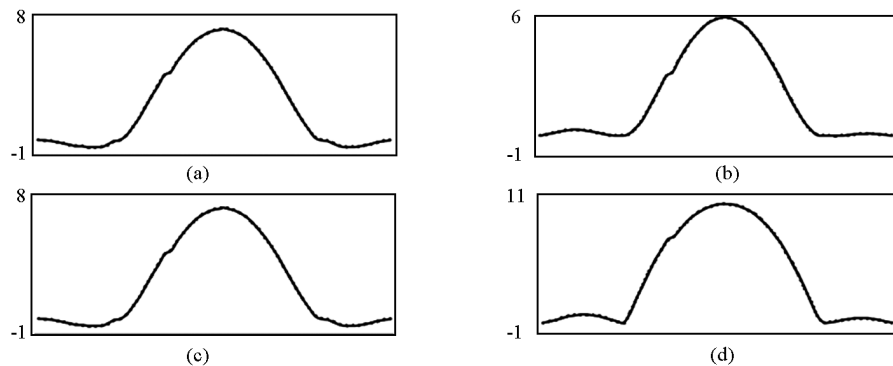


图 10 两跨悬索桥不同支承下加劲梁横风挠度(单位: m)

Fig. 10 Transverse-wind deflection of girder in two-span suspension bridge with different supporting forms(unit: m)

5 结语

文章以舟山西堠门大桥为背景,通过改变不同的悬吊方式及加劲梁支承方式,研究中央扣对不同结构体系的影响,得出如下结论:a.就单跨悬吊体系而言,中央扣对其整体刚度基本没有影响;b.就两跨悬吊体系而言,中央扣对两跨连续纵竖向弹性约束体系的竖向刚度有较显著的影响,而对其他体系的整体刚度影响很小;c.就三跨悬吊体系而言,中央扣对三跨连续纵竖向弹性约束体系的竖向刚度有较显著的影响,而对其他体系的整体刚度影响很小。

参考文献

[1] 中华人民共和国交通部.公路悬索桥设计规范(报批稿)[M].北京:人民交通出版社,2002

- [2] 王浩,李爱群.中央扣对大跨悬索桥动力特性的影响[J].中国公路学报,2006,19(6):49-55
- [3] 郑凯锋,胥润东,栗怀广.悬索桥中央扣对活载挠度影响的详细计算方法[J].世界桥梁,2009,(2):51-53
- [4] 杨进,徐恭义.泰州长江公路大桥三塔两跨悬索桥总体设计与结构选型[J].桥梁建设,2008,(1):37-40
- [5] 朱本瑾.多塔悬索桥的结构体系研究[D].上海:同济大学,2007
- [6] 沈锐利.大跨度桥梁及城市桥梁[M].成都:西南交通大学出版社,2002
- [7] 陈仁福.大跨悬索桥理论[M].成都:西南交通大学出版社,1994
- [8] 唐茂林.大跨度悬索桥空间几何非线性分析与软件开发[D].成都:西南交通大学,2003
- [9] 唐茂林,沈锐利,强士中.大跨度悬索桥非线性静动力分析与软件开发[J].桥梁建设,2000,(1):9-12

Influence analysis of central buckle in suspension bridge on different suspension systems

Song Hui¹, Lin Qia², Tang Maolin²,
Shen Ruili², Wang Xiaodong¹, Wang Wugang³

(1. CCCC Highway Consultants Co., Ltd., Beijing 100088, China;

2. Department of Civil Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

3. Zhejiang Provincial Construction Headquarters of Zhoushan Islands
Link Project, Zhoushan, Zhejiang 316000, China)

[Abstract] In order to study the influence of central buckle in suspension bridge on different suspension systems, this paper took Xihoumen suspension bridge as an example, established its finite element model with main cable span of (578 + 1 650 + 465) m by using bridge nonlinear analysis system BNLAS, which was developed by Southwest Jiaotong University. Then, it analyzed the influence of central buckle on suspension bridge's structural performance with different supporting forms.

[Key words] central buckle; suspension; BNLAS; supporting form