

三跨连续弹性支撑体系悬索桥结构体系设计研究

董萌, 崔冰, 王潇军

(中交公路规划设计院有限公司, 北京 100088)

[摘要] 南京长江第四大桥为主跨1 418 m三跨连续悬索桥, 结构体系复杂, 世界范围内较为少见。本文通过对三跨连续体系悬索桥矢跨比、索塔区支撑、纵向限位及竖向限位的比较研究, 详细阐述了该结构体系的受力特点, 并结合南京长江第四大桥的实际情况, 提出了适合的结构体系形式。同时, 三跨连续弹性支撑体系在悬索桥中首次应用, 具有创新意义。

[关键词] 南京长江第四大桥; 弹性支撑; 结构体系

[中图分类号] U448.25 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742(2013)08-0018-08

1 前言

南京长江第四大桥位于长江江苏南京区段内, 在南京长江第二大桥下游约10 km处, 距长江入海口约320 km。主桥为主跨1 418 m三跨连续弹性支撑体系悬索桥, 其结构体系典型特点为: 三跨连续体系、矢跨比为1:9、过渡墩位置设置柔性限位拉索、索塔下横梁处设置竖向弹性支座和纵向限位约束(见图1)。当前最大跨度三跨连续悬索桥是丹麦的大贝尔特桥^[1], 1998年8月通车, 其跨径为535 m+1 624 m+ 535 m=2 694 m, 双向四车道。其结构体系上的典型特点: 矢跨比1:9; 三跨连续体系; 跨中设置中央扣; 梁端设置液压缓冲器; 索塔位置加劲梁为全漂浮体系, 仅设置横向抗风支撑。矢跨比的选择主要基于经济性的考虑, 采用三跨连续体系, 有利于减小加劲梁在风荷载作用下的横向变位, 减少伸缩缝, 便于养护管理; 设置中央扣和液压缓冲器, 减小了伸缩缝的规模, 减小跨中短吊索的疲劳; 该桥在索塔位置加劲梁支撑体系选择上也进行了技术分析, 认为竖向支座只是对加劲梁的扭转起作用, 对整桥的空气动力稳定性没有影响, 故而采取

了全漂浮体系。另外还有瑞典高海岸桥, 1997年11月建成, 其跨径布置为301 m+1 210 m+280 m=1 800 m, 为三跨连续全漂浮体系悬索桥。

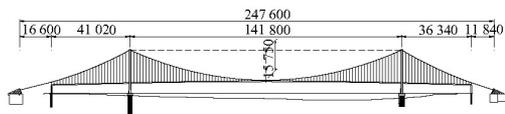


图1 主桥总体布置图(单位:cm)

Fig.1 Overall arrangement of main bridge (unit:cm)

国内的厦门海沧桥^[2], 1999年12月通车, 其跨径布置为230 m+648 m+230 m=1 108 m。该桥主要从结构特点、养护及行车条件等方面对三跨两铰悬索桥、三跨连续漂浮体系悬索桥和三跨连续支撑悬索桥进行了对比, 最终选择三跨连续漂浮体系悬索桥。世界范围内采用三跨连续体系的悬索桥并不多见, 主要原因是三跨连续体系较简支体系受力状态复杂, 对计算分析、架设控制要求高, 部分研究成果的错误结论也误导了设计者的选择。本文基于Ansys®程序的二次开发, 对三跨连续体系悬索桥的结构体系进行比较研究, 选择最优的适合南

[收稿日期] 2013-05-22

[作者简介] 董萌(1980—), 男, 河南唐河县人, 高级工程师, 主要研究方向为大跨度桥梁; E-mail: nj4q@163.com

京长江第四大桥的结构体系。

2 三跨连续结构的选择

南京长江第四大桥在工程可行性研究阶段结合建设条件,考虑到桥位区河段内船舶密度大,航运繁忙,桥梁结构应选择大跨度结构,并尽可能选择跨越有效通航水域为宜。结合通航净空尺度论证及综合比选,桥型选择上确定以悬索桥作为南京长江第四大桥建设方案。经通航净空尺寸论证,南京长江第四大桥最高通航水位 7.98 m,主通航孔单孔双向通航净宽不小于 690 m,其净空高度不低于 50 m;在深水航道北侧,设置 200 m 航宽推荐航路,供吃水 4.5 m 以下、船长小于 50 m 的小型船舶上行使用;南主墩布设距离金陵石化 8# 码头前沿线 210 m 或直接置于岸上,供码头进出船舶使用(见图 2)。

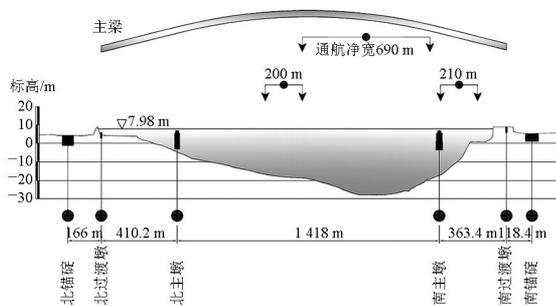


图 2 跨径布置示意图

Fig.2 Sketch of span selection

布跨的另一个重要限制条件是锚碇的位置,为确保大堤的防洪安全,锚碇距离大堤不小于 100 m,这实际上限定了两锚间的最小距离,根据桥位区地形条件,该距离不应小于 2 460 m。若考虑单跨吊悬索桥方案,南墩应置于岸上,其合理的跨径为 1 620 m 左右;若采用三跨吊悬索桥方案,南墩墩位布置在金陵石化 8# 码头前沿 210 m 位置,其合理跨径 1 418 m 左右。考虑到北边跨处于水域,未考虑两跨吊悬索桥方案。在初步设计阶段,对上述两种跨径的悬索桥方案进行了综合比选,三跨吊悬索桥方案全面优于单跨吊方案,主桥建安费分别为 18.67 亿元和 19.31 亿元,平米经济指标较单跨吊方案减小 28%。最终推荐三跨悬索桥方案。

选择连续结构主要基于以下原因:a. 加劲梁在横向风荷载作用下位移较小;b. 减小伸缩缝、支座及阻尼器数量,便于养护管理;c. 索塔区加劲梁线形匀顺,行车舒适度高。

3 矢跨比的选择

3.1 静力影响分析

矢跨比是悬索桥重要的结构指标,其优化选择对桥梁整体受力性能和经济性影响重大。表 1 对 1:9 和 1:10 两种矢跨比进行了对比分析,其中:

I:南京长江第四大桥设计桥型结构,采用 1:9 矢跨比,相关参数与设计完全一致。“限制位移”表示对主梁在索塔位置进行纵向限位,为便于对比,限制位移均为 ± 34 cm(Ⅱ、Ⅲ同);“纵向约束”表示在索塔位置约束主梁纵向荡移(Ⅱ、Ⅲ同);“纵向不限位”表示完全释放主梁纵向约束,可自由荡移(Ⅱ、Ⅲ同);

Ⅱ:在 I 基础上,将中跨主缆矢跨比调整为 1:10,其余参数均不调整;

Ⅲ:在 I 基础上,将中跨主缆矢跨比调整为 1:10,降低塔高,使跨中吊索长度保持不变,同时,调整边跨,其余参数均不调整。

由表 1 可知:

1) 主缆轴力在恒载+活载工况作用下差异明显,1:10 矢跨比较 1:9 矢跨比跨中主缆最大轴力增加约 10.8%,相应地成比例增加了主缆的工程数量,同时,也大大增加了锚碇和锚固系统的规模;

2) 由 I、Ⅲ主梁活载挠度受主梁纵向约束情况影响较大,“纵向约束”和“限制位移”由于吊索倾斜提供的水平力减小了主缆竖向挠度进而也减小了主梁竖向挠度;Ⅱ由于吊索长度“加长”,尤其是跨中吊索的“加长”,削弱了吊索倾斜对主缆挠度的影响,使得主梁纵向约束情况对主梁挠度影响相对较小。

3) 由 I、Ⅲ,各工况主梁向上位移Ⅲ明显小于 I,但向下位移差异较小。在设置限制位移条件下,Ⅲ较之 I 主梁活载竖向位移极值向上减小约 13.6%,向下位移略有增加。这与概念上对两种矢跨比的理解不一致,实质上,处于实桥结构体系中的主缆位移受吊索传递的竖向力和水平力共同影响,在塔顶位移相差不大的情况下,这是影响主缆“表观刚度”的重要因素。在两种矢跨比的对比中,主梁挠度实质上反映的是主缆挠度,主缆挠度受到吊索传递水平力影响,除了受中跨吊索直接影响外,还受到边跨吊索的间接影响,尤其是短吊索的影响。相同条件下 1:10 矢跨比的主缆竖向刚度大于 1:9 矢跨比的主缆竖向刚度,但放在结构体系中的结构表现未必如此。

表1 矢跨比结构静力影响对比

Table 1 Static stress under various rise span ratios

项目	工况	跨中主缆 最大轴力/kN	主梁活载 竖向位移/m	对应节点 水平位移/m	对应工况索塔水平位移/m	
					北塔	南塔
I	1:9矢跨比 (限制位移)	2.59E5	1.832 /-3.468	0.320(向中跨) /-0.307(向边跨)	-0.009 /0.335	-0.092 /-0.211
	1/9矢跨比 (纵向约束)		1.652 /-3.298	-0.018(向边跨) /0.029(向中跨)	-0.034 /0.343	-0.098 /-0.190
	1:9矢跨比 (纵向不限位)		1.998 /-3.603	0.612(向中跨) /-0.579(向边跨)	0.004 /0.310	-0.080 /-0.209
	1:10矢跨比 (限制位移)		1.650 /-3.560	0.314(向中跨) /-0.291(向边跨)	0.022 /0.314	-0.084 /-0.225
II	1:10矢跨比 (纵向约束)	2.88E5	1.567 /-3.494	-0.026(向边跨) /0.036(向中跨)	0.024 /0.321	-0.097 /-0.220
	1:10矢跨比 (纵向不限位)		1.682 /-3.578	0.446(向中跨) /-0.409(向边跨)	0.025 /0.318	-0.082 /-0.233
	1/10矢跨比 (限制位移)		1.582 /-3.480	0.321(向中跨) /-0.299(向边跨)	0.017 /0.320	-0.091 /-0.220
III	1:10矢跨比 (纵向约束)	2.88E5	1.422 /-3.342	-0.016(向边跨) /0.025(向中跨)	-0.006 /0.339	-0.097 /-0.211
	1:10矢跨比 (纵向不限位)		1.676 /-3.545	0.506(向中跨) /-0.452(向边跨)	0.026 /0.308	-0.084 /-0.220

注:表1中主梁活载竖向位移向上为正,向下为负,节点位于中跨北半跨;对应节点水平位移至取得最大活载竖向位移的节点对应状态下水平位移;索塔水平位移表示对应工况下塔顶纵向位移,其中北塔正值、南塔负值表示向中跨,反之向边跨

3.2 动力影响分析

通过对两种矢跨比主梁一阶对称竖弯、扭转及反对称竖弯、扭转的对比,两者振动特性总体上差异不大,但矢跨比增大提高了结构整体的抗扭刚度,一阶对称扭转1:9矢跨比明显具有优势,较1:10矢跨比提高约4.3%,这对结构抗风稳定性是有利的(见图3、图4)。通过对两种矢跨比的静动力影响分析,选择1:9的矢跨比既满足了结构总体刚度的

需求,又大大减小了缆索系统和锚碇系统的规模,同时提高了结构整体抗风稳定性。

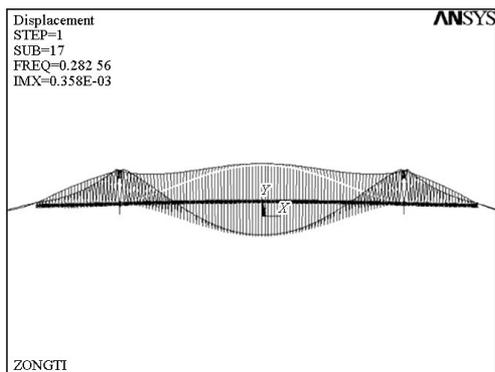


图3 矢跨比1:9一阶对称扭转(频率=0.282 6)

Fig.3 First order symmetrical torsion stress under rise span ratios of 1:9(frequency=0.282 6)

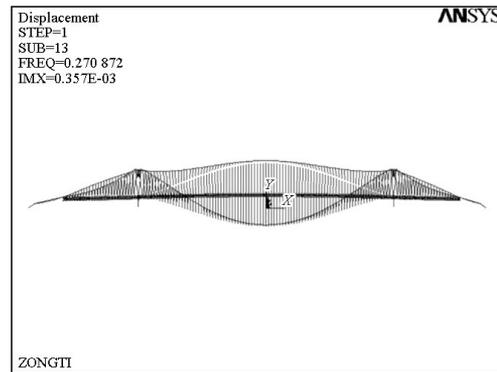


图4 矢跨比1:10一阶对称扭转(频率=0.270 9)

Fig.4 First order symmetrical torsion stress under rise span ratios of 1:10(frequency=0.270 9)

4 索塔区主梁支撑

4.1 竖向弹性支座

索塔区主梁约束系统布置如图5所示。

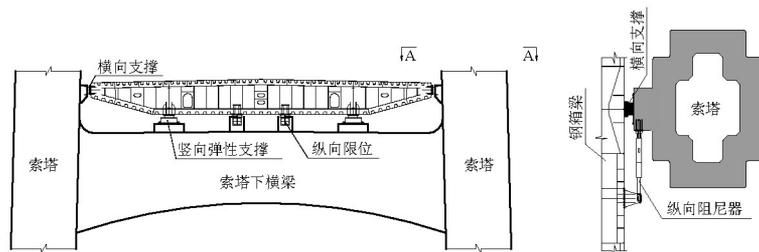


图5 索塔区主梁约束系统布置

Fig.5 General layout of main girder restraint system at cable tower

4.1.1 对静力特性的影响

三跨连续体系在主梁穿越索塔位置因主缆角度转度将引起较大的活载弯矩。矢跨比、吊索布置、吊索形式、梁的刚度及竖向支撑条件等均与此问题相关,但并非所有因素均可据此进行优化调整,在各项其余因素确定的前提下,对主梁竖向支撑条件进行了优化对比。如表2所示,全漂浮体系与弹性支撑半漂浮体系相对于半漂浮体系可大幅度减小索塔区域主梁弯矩,全漂浮体系弯矩极值出现在靠近索塔首吊索位置,而半漂浮体系和弹性支撑半漂浮体系均出现在主梁竖向支撑位置。全漂

浮体系索塔位置主梁竖向位移变幅较大,较难设置抗风支座和抗震阻尼器;而弹性支撑半漂浮体系能大幅降低主梁竖向位移变幅,且并未增加主梁受力。综合考虑索塔位置主梁弯矩、竖向位移及邻近吊索受力,南京长江第四大桥选择的弹性支座单个竖向刚度为350 kN/cm,铺装完成后安装,仅承担运营期结构荷载。在350 kN/cm(索塔位置主梁共计700 N/cm)弹性支撑刚度下,控制工况支座竖向反力最大4 200 kN(受压),最小-2 100 kN(受拉);索塔位置主梁竖向位移最小-12 cm,最大6 cm。

表2 索塔区域不同支撑条件主梁及吊索受力比较

Table 2 Stress of main girder and suspension cable under different form of support at cable tower

项目	索塔区域主梁弯矩 / (kN·m)	近索塔吊索力 / kN	索塔位置主梁竖向位移 / mm
全漂浮体系	185 329/-117 117	6 306/3 526	255/-406
半漂浮体系	215 947/-171 452	4 626/3 708	0/0
弹性支撑半漂浮体系	180 920/-146 331	4 566/3 992	72/-121

注:表中弯矩对应恒载+活载计算工况,表中为最大值与最小值的对比

4.1.2 对动力特性的影响

相对全漂浮体系,弹性半漂浮体系改变了结构的支撑条件。由于并未明显改变结构总体刚度,弹性支撑半漂浮体系较全漂浮体系振形态及频率差异很小,但其中主梁反对称扭转频率提高约10% (见图6、图7)。虽然并不控制本桥的抗风设计,但显然这种布置形式对提高结构抗风性能是有益的。

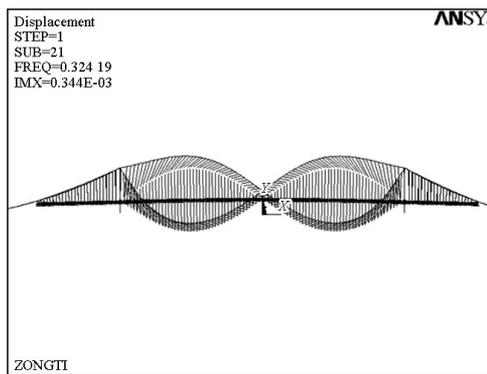


图6 弹性半漂浮体系主梁一阶反对称扭转

Fig.6 First order anti-symmetric torsion stress of elastic semi-floating main girder

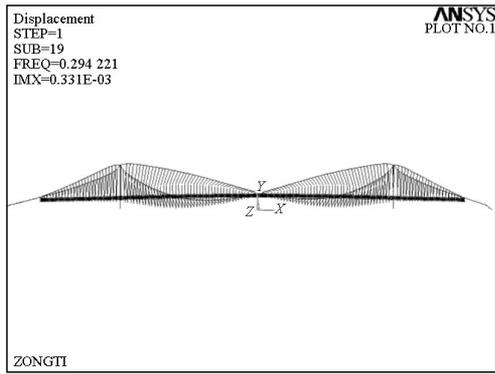


图7 弹性全飘浮体系主梁一阶反对称扭转

Fig.7 First order anti-symmetric torsion stress of elastic floating main girder

4.2 纵向限位研究

4.2.1 纵向限位设置

悬索桥缆索系统为柔性体系,活载作用下主缆将产生较大的水平位移,在未做限制的情况下,该位移导致活载作用下主梁的纵向荡移(南京长江第四大桥约为 ± 70 cm),据此增加伸缩缝的规模是不经济的。设置纵向限位的目的在于释放双向位移(如温度位移),限制单向位移(如活载引桥的纵飘),进而减小伸缩缝的规模。

鉴于设置限位装置的目的,限制单向位移的方式是多样的,常见的如限位纵向弹性索、中央扣和

限位挡块。限位弹性索通过设置主梁与索塔间纵向弹性索限制纵向位移,对三塔两跨悬索桥结构适用性较好,难以较好适用单跨或双塔三跨悬索桥结构,温度作用下产生附加拉力且限制纵向荡移作用有限。以下为设置刚性中央扣与限位挡块的受力分析对比。

1)主梁竖向挠度及纵向位移对比。由计算分析,刚性中央扣几乎没有限制主梁活载纵向位移的作用。主梁的活载纵向荡移是由主缆的纵向位移引起的,在不设置限位挡块和中央扣情况下,由于边中跨主缆纵向位移不一致,边跨吊索限制了主梁进一步荡移,任意状态下,所有吊索水平力自平衡,主梁活载荡移较单跨吊小;而设置中央扣协调了跨中主缆与主梁的纵向位移,消除了缆梁纵向位移差,对本桥而言增大了主梁的纵向荡移(见表3)。实际上,即使对于单跨吊结构,跨中短吊索区域的缆梁位移差是有限的,依靠中央扣大幅度减小主梁活载纵向荡移是不切实际的。由于设置中央扣非但没有减小主梁活载纵向荡移,反而较纵向不限位状态下略有增加,削弱了吊索水平力限制主缆竖向位移的作用,进而主梁竖向位移也略有增加。鉴于主梁位移的产生机理,大跨度悬索桥中央扣难以在限制主梁静力位移上发挥可观的作用。

表3 设置刚性中央扣和限位挡块在不同工况下的主梁位移对比

Table 3 Displacement of main girder with rigid central buckle or limit stop under different working conditions

工况		刚性中央扣/m	限位挡块/m
梁端水平位移 (北端)	恒+活	-0.729/0.758	-0.358/0.367
	恒+活+体系升温	-1.003/0.494	-0.468/-0.067
	恒+活+体系降温	-0.257/1.209	0.388/0.550
梁端水平位移 (南端)	恒+活	-0.748/0.745	-0.364/0.358
	恒+活+体系升温	-0.478/1.025	0.050/0.455
	恒+活+体系降温	-1.209/0.264	-0.525/-0.360
中跨竖向位移	恒+活	-3.603/1.996	-3.468/1.832
	恒+活+体系升温	-4.392/1.394	-4.201/1.182
	恒+活+体系降温	-2.353/3.175	-2.056/2.878

注:水平位移正值表示由北向南,负值表示由南向北;竖向位移正值表示向上,负值表示向下。表中为最大值与最小值的对比

2)吊索倾角对比。由对比研究,设置中央扣显著减小了中跨吊索倾角,但由于主梁纵向水平位移的大幅度增加,也同步增加了边跨吊索倾角。总体上显著减小了缆梁错动引起的吊索倾角,改善了短

吊索在锚头处弯折疲劳受力条件(见图8)。本桥在中跨及边跨短吊索锚头处设置适应转动的关节轴承,该构造同样能适应横风作用下吊索的面外倾角。

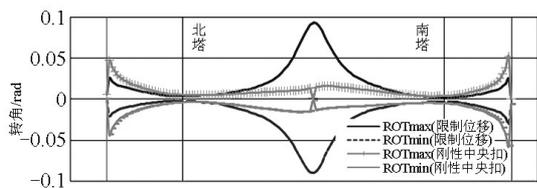


图8 限制挡块与刚性中央扣方案主梁吊索活载倾角对比
Fig.8 Cable angles when main girder with rigid central buckle or limit stop under live load

3)动力影响分析。由前述静力分析,设置中央扣增大了活载在中跨1/4跨的影响,降低了结构刚度,从自振特性看,一阶反对称竖弯频率降低约13.5%;同时,设置中央扣显著增加了主梁反对称扭转的刚度,使得一阶反对称扭转频率增加约20.6%。设置中央扣对一阶对称竖弯和一阶对称扭转频率影响极小。从抗风角度,由于降低了一阶反对称竖弯自振频率,同时增大了一阶反对称扭转的自振频率,对提高抗风性能是有利的。但由于对一阶对称竖弯和一阶对称扭转影响极小,对本项目而言,总体上并不能改善结构的抗风稳定性。南京长江第四大桥纵向限位选择限位挡块的形式(见图9),通过纵向限位牛腿与混凝土挡块间的间隙释放主梁双向位移,通过球冠橡胶支座限制纵向限位牛腿的位移,限制主梁纵向荡移,设置合理限制位移的限制挡块可几乎完全避免活载单向位移,最大限度减小伸缩缝的规模。

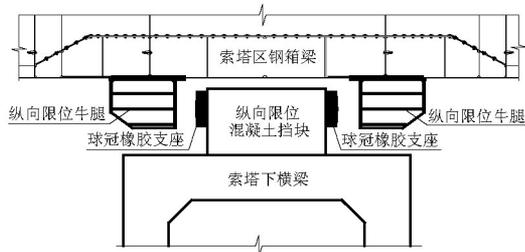


图9 索塔区纵向限位布置
Fig.9 Sketch of longitudinal restraint at main tower

4.2.2 限制位移选择

在不限位及释放主梁纵向位移情况下,主梁轴力由纵向荡移吊索倾斜传递水平力引起;在索塔位置约束主梁纵向位移情况下,主梁最大轴力由中跨梁段拱形效应引起,两者受力特性迥异。而在设置

限制位移条件下,除了释放温度位移外,还应该释放活载双向水平位移,避免梁段拱形效应导致的主梁轴力大幅度增加。限制位移在计算中是高度非线性的,当梁段荡移至限制挡块发生作用位置时,梁段还要承受限制挡块传递的水平力。根据结构的受力特点,限制位移应包含温度位移、活载水平位移(双向)、地震位移和适当的安装误差,其相关参数见表3。

表3 主梁梁端单项荷载位移
Table 3 Displacement of beam end of main girder under single load condition

项目	北塔位置主梁		南塔位置主梁	
	向跨中/cm	向边跨/cm	向跨中/cm	向边跨/cm
温度位移	29.8	17.3	33.2	19.3
活载双向位移	0.8	1.4	4.1	7.4
地震位移	6.8	6.8	6.7	6.7

注:地震位移为设置阻尼器(阻尼系数4 000 kN·s/m,阻尼指数0.5)情况下相应位置位移

需要说明的是,由于南京长江第四大桥悬索桥南北结构不对称,相应地,南北索塔位置主梁荷载位移表现不对称。本桥采取的限位位移为南塔岸侧32 cm、江侧46 cm,北塔岸侧30 cm、江侧42 cm。限制位移提供了主梁在温度、地震及活载(双向位移)作用下自由伸缩的空间,限制了活载作用下主梁的纵向荡移。由于基本全面限制了主梁的纵向荡移,本桥伸缩缝自由伸缩总量仅为1 520 mm,相对于2 191.6 m的主梁长度,大大减小了伸缩缝的规模。

4.2.3 限制位移条件下结构受力特点

由于限制了主梁的纵向荡移,索塔位置中跨侧主梁在活载及温度的作用下产生约-12 210 kN(压力)和12 005 kN(拉力)的轴向力,需要对纵向限位牛腿对应主梁区域进行局部加强以适应受力要求。同时,纵向限位也使得短吊索在活载作用下倾角增大,中跨跨中短吊索区域较为明显,由约0.02 rad增大至0.08 rad,这对吊索的长期受力是不利的(见图10)。为此,在中跨及边跨短吊索锚头处设置适应转动的关节轴承,该构造同样能适应横风作用下吊索的面外倾角。

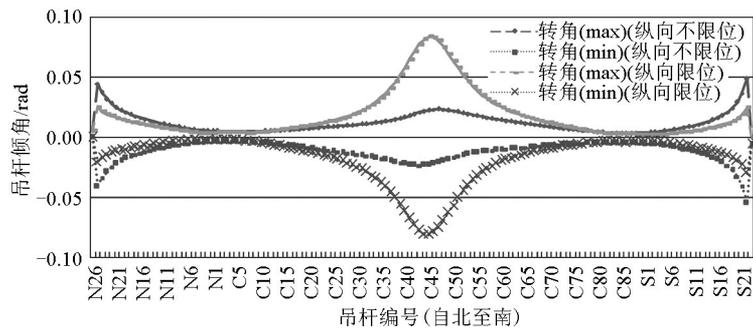


图10 主梁纵向限位与纵向 unlimited 吊索倾角对比

Fig.10 Cable angles when main girder with or without longitudinal displacement restraint

4.3 横向支撑和纵向阻尼器

为提高主梁抗静风稳定性,降低缆梁横桥向位移差,进而减小吊索横风作用下面外倾角,索塔及过渡墩位置主梁均设置横向抗风支座进行支撑约束。为限制主梁地震位移,减小塔底弯矩,在索塔位置主梁上下游各设置一个液体黏滞纵向阻尼器。经过阻尼器参数比选,综合考虑主梁纵向位移和塔底弯矩等指标,阻尼器参数选择为阻尼系数 4 000 kN·s/m,阻尼指数 0.5,设计轴向行程±60 cm,最大设计轴力 1 250 kN。阻尼器的设置不会显著改变结构受力,但大幅度降低了主梁纵向位移,减小约 45%。

5 竖向限位

受地形条件的制约,同时也为减小主梁边跨以节约投资,在总体布置上主梁边跨未基本覆盖边跨主缆区域。为适应总体布置,结构上需要设置主缆竖向限位以协调过渡墩区域主缆和主梁的竖向变形。

竖向限位方案可分为刚性和柔性两种设置方式。刚性限位方案将过渡墩设置为边索塔的形式,塔顶设置索鞍,通过减小主缆边跨协调边跨主缆与主梁竖向变形;柔性限位方案通过锚固于过渡墩的限位拉索限制主缆竖向变形。考虑到刚性限位方案需要在边索塔设置适应主缆水平位移的转索鞍,构造复杂且破坏了主缆整体线形流畅的美感,也大大增加了主缆架设施工控制的难度,南京长江第四大桥选择柔性拉索竖向限位方案。

如图 11 所示,单根吊索采用直径为 $\phi 7.0$ mm 的镀锌高强钢丝,钢丝标准强度 $\geq 1\ 670$ MPa,每根吊索含 295 根钢丝。下端通过 12 根 MJ80 螺杆与预埋锚箱连接,锚箱通过 10 根 15-12 体外预应力锚固于

过渡墩承台。

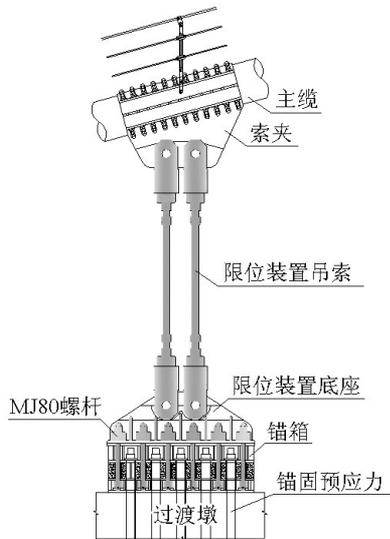


图 11 限位拉索

Fig.11 Displacement limiting cable

限位拉索的结构功能是限制主缆过渡墩位置的竖向变形,使相应位置主梁与主缆竖向变形相互协调,不致使主梁过渡墩支座承受拉力。为使限位拉索运营期始终保持受拉状态,主梁架设完成桥面铺装前,单侧限位装置需预储 2 700 kN 拉力。经过对施工过程计算分析,综合考虑现场实施条件,最终选择梁段吊装完成后一次性张拉到位安装限位拉索,预储设计拉力。

6 结语

通过对三跨连续悬索桥结构受力特点的研究,提出了适合南京长江第四大桥的结构体系设计。首次在连续悬索桥上采用竖向弹性支座,解决了索塔区主梁受力大、竖向位移大的结构难题,为横向

抗风支座和纵向阻尼器设置提供了构造条件。针对纵向限位、竖向限位等所做研究对类似结构提供了有益的参考和启发。

参考文献

- [1] 万国朝. 大贝尔特悬索桥设计[J]. 国外公路, 1995, 15(1): 11-17.
- [2] 曾超. 厦门海沧大桥悬索桥结构体系的选择[J]. 公路, 2003(4): 39-43.

Research of three-span continuous elastic supporting suspension bridge structure system design

Dong Meng, Cui Bing, Wang Xiaojun
(CCCC Highway Consultants Co., Ltd., Beijing 100088, China)

[Abstract] With an extraordinary complex structure structure, the Fourth Nanjing Yangtze River Bridge, a three-span continuous suspension bridge, is scarce in the world. This paper is to elaborate the structure characteristic by comparing and analysing the following aspects: the span-rise ratio, support at cable tower, limitation of longitudinal displacement and vertical displacement, as well as to propose a proper structure system, three-span continuous elastic supporting suspension bridge structure system, according to the practical issue of the Fourth Nanjing Yangtze River Bridge, which is of innovative significance.

[Key words] the Fourth Nanjing Yangtze River Bridge; elastic supporting; structure system