

文章编号: 0451-0712(2006)06-0121-04

中图分类号: U448.27

文献标识码: B

斜拉桥主塔、斜拉索、主梁的监控及保养

利仲波

(广东佛山市三水区公路局 佛山市 528100)

摘 要: 以广东三水大桥为例, 在大桥通车运营中, 通过加强对主塔、斜拉索、主梁等进行检测监控, 注重保养, 发现病害及时实施处治。

关键词: 斜拉桥; 主塔; 斜拉索; 主梁; 监控; 保养

三水大桥是324国道三水段(K1033+400处)一座跨越北江的公路特大桥, 全长为1 560 m, 主桥为独塔不对称双索面PC斜拉桥, 主跨180 m, 边跨110 m, 引桥为20 m及30 m低高度空心板预制简支梁; 桥宽24 m。该桥于1996年2月建成通车, 初期车流量日均约4 000辆, 至今车流量增至日均35 000辆。该桥最初设计荷载标准为汽车—20, 挂车—100, 开工建设1年后, 中途改变设计, 提高荷载标准为汽车—超20, 挂车—120, 此时基础工程已接近完成, 尚未施工的部分大都做了修改设计。主桥特点: 双面斜拉索按扇形布置, 全桥拉索116根, 长度37~199 m, 拉索有109 ϕ 7、121 ϕ 7、127 ϕ 7、139 ϕ 7、151 ϕ 7共5种, 采用聚氨酯+聚乙烯(PU+PE)双层防护。主塔为H型, 钢筋混凝土结构, 塔高自桥面算起88 m, 塔顶为自由端, 塔身为封闭式箱形断面。主梁为矩形截面, 梁高1.7 m, 采用肋板式横断面, 双向预应力, 钢筋混凝土结构。桥型见图1。

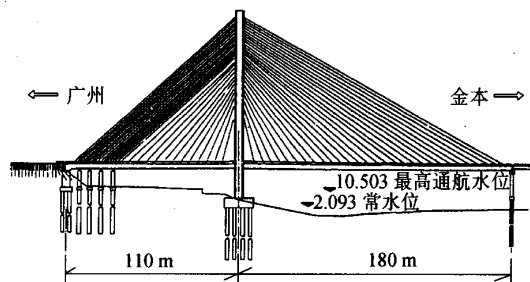


图1 主桥桥型示意

1 监控检查

主塔、斜拉索、主梁是斜拉桥的重要组成部分, 也是承受荷载的主要结构。该桥建成通车后, 由于混凝土收缩徐变及长期荷载作用, 加上风、雨、温度等自然条件的影响, 使结构受到不同程度的损害, 因此加强监控检查, 十分重要。

足设计要求, 原则上不做任何处理。但考虑到实际嵌岩深度远比原设计嵌岩深度浅, 经业主、设计、施工及监理多方专家共同讨论决定: 在桩身周围抛200 m³片石, 以改善流水对覆盖层(淤泥粉砂层)的冲刷作用。

3 结语

桥梁施工过程中由于技术原因、管理原因或其他因素影响, 产生缺陷并不可怕, 关键是要以科学的态度对缺陷进行修复补强, 确保使用效果优良。

收稿日期: 2006-03-20

$$h = \sqrt{\frac{M_H}{0.066\beta R_a D}}$$

得: $M_H = 0.066\beta R_a D \times h^2$

结合表1中的有关数据, 可求出设计中 $M_{H设}$, 即:

$$M_{H设} = 0.066\beta \times 22.6 \times 10^3 \times 1.6 \times 1.6^2 =$$

$$6108.64\beta (\text{kN} \cdot \text{m})$$

把 $M_{H设}$ 代入计算公式中, 可求得实际情况下, 该桩应嵌入基岩中的深度 $h = 0.69 \text{ m}$, 大于 0.5 m 。

2.4 处理措施

根据上述分析, 该桩实际嵌岩80 cm时, 已能满足

1.1 斜拉索

对斜拉索重点检测索力、风振、上、下锚头，嵌固在主梁内索套管的情况，减震器，斜拉索的 PU+PE 防护层等。对该桥索力的检测周期按 4~5 年 1 次。第

一次是成桥后，全桥进行静、动载试验检测索力值；第二次是通车运营约 5 年后实测索力值，两次检测索力值见表 1。

表 1 两次检测斜拉索索力对比值

kN

河 跨(180 m 跨)					岸 跨(110 m 跨)				
索号	成桥索力①	监测索力②	增加	比率②/①	索号	成桥索力①	监测索力②	增加	比率②/①
H01	3 180	3 310	+130	1.04	A01	3 300	3 530	+230	1.07
H02	2 020	2 170	+150	1.07	A02	2 060	2 260	+200	1.10
H03	2 380	2 590	+210	1.09	A03	2 480	2 730	+250	1.10
H04	3 230	2 700	-530	0.84	A04	2 920	2 250	-670	0.77
H05	2 870	2 860	-10	0.99	A05	2 750	2 990	+240	1.09
H06	3 080	3 300	+220	1.07	A06	3 140	3 150	+10	1.00
H07	3 030	3 220	+190	1.06	A07	3 170	3 400	+230	1.07
H08	3 040	3 200	+160	1.05	A08	3 080	3 270	+190	1.06
H09	3 240	3 430	+190	1.06	A09	3 190	3 360	+170	1.05
H10	3 170	2 900	-270	0.91	A10	3 060	3 210	+150	1.05
H11	3 260	3 440	+180	1.06	A11	3 080	3 110	+30	1.01
H12	3 290	3 460	+170	1.05	A12	3 310	3 360	+50	1.02
H13	3 340	3 530	+190	1.06	A13	3 210	3 270	+60	1.02
H14	3 490	3 160	-330	0.91	A14	3 650	3 800	+150	1.04
H15	3 640	3 830	+190	1.05	A15	3 860	4 030	+170	1.04
H16	3 770	3 960	+190	1.05	A16	4 150	4 300	+150	1.04
H17	4 050	4 320	+270	1.07	A17	4 100	4 270	+170	1.04
H18	4 050	4 350	+300	1.07	A18	4 260	4 380	+120	1.03
H19	4 270	3 580	-690	0.84	A19	4 430	4 600	+170	1.04
H20	4 220	4 540	+320	1.08	A20	4 490	4 590	+100	1.02
H21	4 340	4 610	+270	1.06	A21	4 840	4 900	+60	1.01
H22	4 420	4 690	+270	1.06	A22	4 900	5 000	+100	1.02
H23	4 430	4 710	+280	1.06	A23	5 010	5 130	+120	1.02
H24	4 500	4 690	+190	1.04	A24	5 130	5 210	+80	1.02
H25	4 470	4 660	+190	1.04	A25	5 050	5 180	+130	1.03
H26	4 680	4 580	-100	0.98	A26	5 270	5 340	+70	1.01
H27	4 520	4 440	-80	0.98	A27	5 470	5 550	+80	1.01
H28	4 360	4 090	-270	0.94	A28	5 510	5 650	+140	1.03
H29	4 820	3 940	-880	0.82	A29	5 220	5 380	+160	1.03
	3 800(调位)	3 940	+140	1.04					
			X=1.02					X=1.03	

两次检测均采用频率法，在斜拉索上固定加速传感器，用测报放大器，信号分析仪，便携式计算机等观测分析计算得出索力值。目前对于成桥后索力检测，尚无更好的方法可选择，频率法的缺点是测出的数值误差较大，如表中 H04、H14、H19、A04 等索力，误差最大值 690 kN(占该索力的 16%)。从表 1 中统计得出的一般规律是第二次监测索力值普遍增

加，通车运行 5 年，河跨增加约 2%，岸跨增加约 3%。实测索力与设计索力若相差过大应进行索力调整，本桥 H29 号索曾在通车后 1 年进行过一次调索，使其索力值与第二次检测值相近，达到均匀受力。

该桥建成运营 8 年后，进行全面检查，斜拉索及其他部位也产生了一些病害：索套管内原有填充材料为石腊+黄油，已经产生变质，并有水自锚头溢

出；长索振动频率增大，尤其是 25~29 号索，常常因风力或车载作用强烈震动，检查发现有的减震器产生了变位，有的质量不好已经失去了减震作用；防护钢套多处有积水，造成渗水进入索套管内，未起到防护作用；斜拉索 PU 防护层已产生老化，多处开裂剥落，剥开 PU 层进一步检查，发现 PE 防护管有多处裂纹（见图 2）。

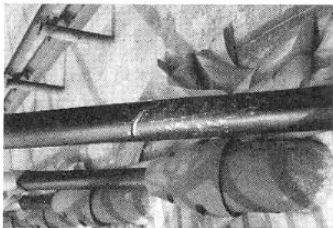


图 2 照片

1.2 主塔

主塔的监控主要包括塔顶变位观测和塔身沉降观测。变位观测采用铅锤法：由塔顶悬吊一个 25 kg 的圆形重锤，在桥面纵、横向安装两把钢尺，上下游塔柱均布置测点，测出塔顶位移情况。本桥建成后进行过多次观测，结果见表 2。

表 2 cm

次数	观测时间	上游塔柱		下游塔柱	
		横向	纵向	横向	纵向
1	1996.08.14	20.90	35.47	30.60	25.74
2	1996.11.30	22.58	36.00	31.36	24.10
3	1997.10.09	20.72	35.70		
4	2002.07.26	24.83	25.18	24.15	19.00
偏移		-3.93	+10.30	+6.45	+6.74

注：纵桥向“+”为偏金本方向，“-”为偏广州方向；
横桥向：“+”为偏桥中线方向，“-”为偏桥外侧方向。

沉降观测采用全站仪：在主塔墩间（3 号墩）承台上布置测点，上下游承台顶对称各布置 5 个测点，选两次观测结果作比较，结果见表 3。

对该桥主塔变位及沉降观测表明，除温度影响，日照变化，风力影响，加上测量误差等，并无大的变化。塔顶变位随温度变化，昼夜均有发生。另外，主塔塔身有多处露筋，开始产生锈蚀，流淌污积，长期下去对结构受力会产生影响。

1.3 主梁

主梁与桥面系是一个整体结构，检测重点是桥面挠度变化、主梁内力以及混凝土裂纹等。对主梁内力检测一项，由于本桥施工时未埋设测力筒，不具备

表 3 cm

承台	观测点	2002 年 7 月观测	1996 年 8 月观测	沉降值
上游台	1	462.692	462.335	-0.357
	2	461.857	461.611	-0.246
	3	464.902	464.503	-0.399
	4	463.142	462.925	-0.217
	5	461.965	461.595	-0.370
下游台	1	463.560	463.101	-0.459
	2	462.739	462.284	-0.455
	3	647.321	/	/
	4	461.702	461.427	-0.275
	5	464.414	463.973	-0.441

检测条件，未作检查。桥面挠度变形采用 N3 精密水平仪，沿斜拉索两侧防护栏杆各布置 23 个测点，两次测得挠度值详见表 4。

表 4 cm

观测点		1997 年 11 月前挠度		2002 年 7 月总挠度		上下游平均总挠度
		上游	下游	上游	下游	
岸跨	1	0.377	-0.396	0.036	-0.798	-0.381
	2	0.135	-0.507	-0.186	-0.962	-0.574
	3	0.147	-0.441	-0.237	-0.834	-0.535
	4	0.156	-0.437	0.523	-0.855	-0.166
	5	0.075	-0.350	-0.145	-0.848	-0.497
	6	0.107	-0.216	-0.248	-0.712	-0.480
	7	0.085	-0.177	0.168	-0.494	-0.163
	8	0.005	-0.065	-0.16	-0.235	-0.198
	9	0.223	-0.101	0.087	-0.132	-0.023
	10	0.142	-0.144	0.071	-0.208	-0.069
11(主塔中心)		0.000	-0.311	0.000	-0.311	-0.156
河跨	12	0.510	-0.221	0.992	0.173	0.582
	13	1.356	0.790	2.493	1.806	2.150
	14	1.876	1.455	3.878	3.151	3.514
	15	2.658	2.280	5.235	6.519	5.877
	16	3.619	3.319	7.077	6.103	6.590
	17	4.170	3.738	8.301	7.133	7.717
	18	4.651	4.350	9.581	8.565	9.073
	19	4.992	4.615	10.404	8.473	9.439
	20	4.986	4.623	10.818	9.739	10.278
	21	4.339	4.012	9.554	8.731	9.142
	22	2.992	2.651	6.844	5.812	6.328
	23	-0.059	-0.095	-1.869	-2.006	-1.938

根据挠度变形现有状态计算得出，主梁上翼缘压应力，下翼缘拉应力均不超规范容许值。对主梁裂

纹检测:采用刻度放大镜,检查发现主梁产生裂纹较多,其分布在主梁下翼缘底面和侧面,大多为纵向水平裂纹,侧面有部分竖向裂纹,宽度 $<0.1\text{ mm}$ 的累计约340延m,宽度 $\geq 0.1\text{ mm}$ 约100延m。

2 维修保养

斜拉桥各部分结构在运营中产生不同程度的病害,一经检查发现后应及时进行处治,确保结构安全,延长使用寿命。

2.1 斜拉索

成桥后约8年时间,对斜拉索进行过一次全面维修保养,原有聚氨酯PU防护层全部剥除更换,改为更为优越的聚氟乙烯PVF卷带防护层,它更具耐候性,机械性能优于PU防护层。对聚乙烯PE管产生的裂纹做逐一修补处理,采用电烙铁进行热熔焊接,裂缝较宽者,用聚乙稀填充料封闭熔接,表面再用抛光机打磨平整,使其达到防护效果。

2.2 下锚头

将索套内填充料(石蜡+黄油)清理干净,改用聚氨酯硬质泡沫塑料进行发泡处理,充满索套管,它具有较为优越的绝热性、自粘性,抗水性,抗化学腐蚀性,耐风蚀老化和防自熄性能,并有一定的防震和隔音性能。

2.3 减震器

将原有减震器全面更换为高阻尼橡胶圈,其技术指标均能满足规范要求:拉伸强度 $\geq 10\text{ MPa}$;拉断伸长率 $\geq 450\%$;硬度为(邵尔A)47~53;拉断永久变形 $\leq 25\%$;粘结强度 $\geq 3\text{ MPa}$ 。

2.4 防护钢套及防水罩

斜拉索下端防护钢套筒116根,全部换为不锈钢材料。

桥面处防水措施:将埋入主梁体内的索套管接长,使其高出桥面,再安装铸铁防水罩加以密封。

2.5 上锚头

拉索上端锚头采用黄油加防护筒。将原黄油清理干净,重新涂黄油加以防护。

2.6 主塔露筋处理

因施工中产生的露筋等缺陷,采用环氧树脂胶泥进行封盖修补。其配比为:环氧树脂(6101)100:二丁脂10:乙二胺(工业用)8~10:水泥(填料)300:细砂(粗填料)350~500。

2.7 主梁裂纹处理

为防止雨水浸蚀,导致钢筋受到氧化作用而损坏,对裂纹采用两种方法进行处理;宽度 $\geq 0.10\text{ mm}$ 裂纹,用“壁可法”注入灌注胶,此法渗透性较好,处理深度较大的裂纹效果好;宽度 $<0.1\text{ mm}$ 裂纹,用环氧树脂胶泥进行封盖。

3 体会

(1)三水大桥在建设过程中,为提高荷载等级,改变设计,使桥梁结构存有先天不足,如下部结构桩、盖梁等承载应力均已达到极限值,不得不采取加固办法进行补救。这种边设计、边施工、边修改的建设方式,给桥梁结构质量带来隐患,给维修保养工作增加了难度。

(2)在建设选材不当或质量把关不严,对结构使用寿命带来影响,造成维修保养周期加快,如本桥采用的斜拉索PU防护层,桥面铺装采用扩张网等均造成了质量问题。

(3)在设计标准方面应超前考虑,以适应发展需要。该桥引桥梁体间横向联结未设铰缝钢筋,桥面建成后不久即产生纵向裂纹,至今尚无好的办法进行根治。

(4)根据该桥技术状况,切实加强主塔、斜拉索、主梁等进行检测监控,注重保养、发现病害及时实施处治是必须的。

参考文献:

- [1] JTG D60—2004,公路桥涵设计通用规范[S].
- [2] 林元培. 斜拉桥[M]. 人民交通出版社,1995.
- [3] JTG H11—2004,公路桥涵养护规范[S].
- [4] 宋建平. 公路桥涵养护规范实施手册[M]. 科大电子出版社,2004.