

南太湖大桥斜拉索的索力优化施工

沈飞 黎兆亮

(柳州欧维姆工程有限公司 柳州 545005)

摘要: 该文介绍了南太湖大桥的斜拉索的索力调整的优化施工。通过对斜拉桥施工过程中各阶段、不同的工况下斜拉索索力和成桥恒载时的最终索力进行优化,保证了结构受力合理和施工安全,使成桥后结构受力及全桥线型都较为合理。

关键词: 斜拉桥 优化 索力调整 施工

1. 工程概况

南太湖大桥位于湖州三环北路东延工程上,西接湖梅立交,向东跨过小梅港和长兜港落地。桥位处两条河流并行,中间为狭长陆地。南太湖大桥主桥为双索面H型塔独塔混凝土斜拉桥,跨径布置为160m+190m+38m,斜拉桥190m主跨跨过长兜港主航道;160m边跨跨过两条河中间陆地及小梅港,其中在离主墩92.5米处设

一辅助墩,主墩落在狭长陆地上且靠近主河道。

标准梁段采用前支点挂篮施工工艺,1#梁段使用现浇支架施工。索塔呈“H”型,塔身高为117.04m,斜拉索集中布置在8.302~104.375米高程范围内,均采用OVM250-55型钢绞线拉索,索的两端均为可调式张拉端锚具,全桥共设96根斜拉索,为平行索。主桥总体布置见图1。

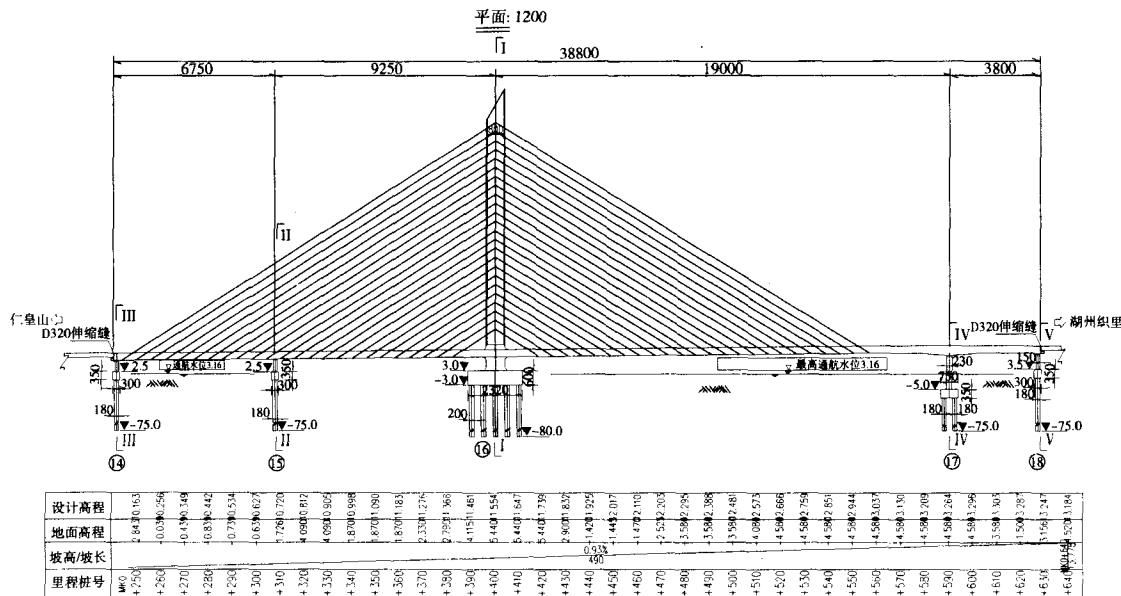


图1 南太湖大桥总体布置图

2. 索力优化施工

南太湖大桥的斜拉索施工工艺流程如下:

挂篮前移—立模—安装斜拉索转换装置—安装上、下端锚具—安装PE圆管—单根钢绞线挂索—一张—梁段钢筋施工—浇筑1/2混凝土—二张—混凝土浇完—主梁预应力张拉—索力转换、三张,挂索完成—全桥调索。

在施工的各个阶段,由于工况各不相同,施工荷载也大有差异,必然存在各种施工误差,其中最主要的有两种:一种是梁的标高误差,另一种是斜拉索索力的误差。当误差引起斜拉桥已建结构偏离理想状态超过允许范围时就要对这些误差进行调整纠编,通过在施工中的各个阶段对斜拉索的索力调整来使误差保持

在规定的允许范围之内,从而保证各个施工阶段结构的安全。

2.1 一张索力优化

结合OVM250斜拉索体系和前支点挂篮施工的特点,斜拉索需单根钢绞线挂索、单根张拉,挂一根张拉一根。挂索在空挂篮时进行,这就要求一张索力不能太大,只要能够平衡空挂篮及模板的自重和施工荷载就可以了,结合该工程实际,一张索力取165吨。一张过程中,单根索内各根钢绞线受力均匀性控制是该阶段索力优化的重点,在该过程必须把均匀性控制好,后续施工过程中的索力调整都采用整体调整,不再对均匀性产生影响。

由于钢绞线索力均匀性控制贯穿于整过挂索、张拉过程中,随着张拉根数的增加,整束索的累计索力会不断增加,挂篮的弹性及非弹性变形因素影响以及挂篮各个锚固点的非理想因素客观存在,势必造成斜拉索的两端锚固点之间的位移相对变化,即后面张拉的钢绞线对前面已经张拉好的钢绞线索力有一定的影响,成一定规律降低。为了保证索力的均匀性,前面先张拉的钢绞线就要求进行一定的超张拉。

南太湖大桥索力均匀性控制采用等张拉力法进行控制,具体控制方法如下:

每根斜拉索第一根钢绞线用于悬挂HDPE管,在第二根钢绞线上串联一个振弦式压力传感器,按超张拉公式(2)计算出该根钢绞线的张拉力,以后每张拉一根都在传感器上读取实时响应数据,指导该根钢绞线的张拉力,每根钢绞线的张拉力均与传感器实时读取的力值对应相等,则斜拉索内各根钢绞线的均匀性就能控制在满足要求的误差范围之内。在整索张拉完后,以同样的方法对第一根悬挂HDPE管的钢绞线进行补张拉。

$$K = f[\delta L(n-1)/n]/P_c \quad (1)$$

式中: f —第一根钢绞线的张拉力

K —第二根钢绞线超张拉系数

δL —一张索力引起的两端锚固点位移沿斜拉索方向变化量(由监控单位或设计方提供)

n —单根索内钢绞线的根数

P_c —单根钢绞线索的控制力

第二根钢绞线的超张拉力可以按下式计算出

$$P_2 = F/n + f(\delta L/ES) \quad (2)$$

式中: P_2 —第二根钢绞线超张拉力

F —斜拉索整索的控制索力

E —钢绞线拉索的弹性模量

S —钢绞线拉索的横截面积

以8号索南塔边跨为例,斜拉索控制索力1650kN,索长68.34米,在该索力下两锚固点沿斜拉索方向的相对位移为6cm,则计算得到超张拉力为54.0kN。而实际张拉时该根张拉力以52kN进行控制,张拉完后单根索力为29.2kN,比单根期望值小0.8kN,可见理论计算与实际较为符合。

2.2 二张索力优化

为了保证挂篮施工的安全,一张的索力不能太大,在混凝土浇注过程中,由于重量的大幅增加,斜拉索被动受力伸长,挂篮底模也会被动降低,所以在浇注混凝土约1/2时,需要对斜拉索进行二次张拉和索力调整。

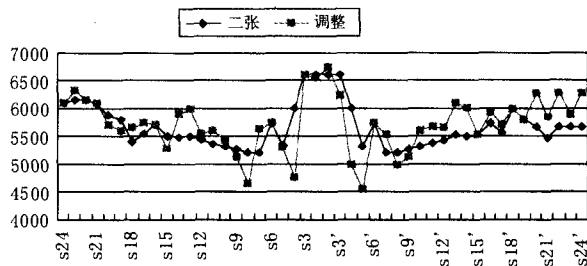


图2 二张及二张调整索力对比图

图2给出了二张索力及二张调整后的索力。可以看出,此时的索力为了满足施工荷载及该工况的需要,索力可能远离理论计算值,需要在后续的索力优化调整中逐步调整回来。

二张后索力主要为了平衡浇筑混凝土的重量,需要综合考虑主梁线型及挂篮各锚固点的变形情况,张拉力由监控单位以书面指令形式给出。由于浇筑混凝土方量误差及挂篮各锚固点变形可能不一致,为了更好控制主梁线型,二张后根据实际对标高和索力的测量情况决定是否需要进一步调整及调整幅度。

2.3 体系转换后索力优化

节段混凝土养护达到强度后,进行横向体内预应力的张拉,给混凝土施加横向内力。然后方可进行体系转换,即将锚固于前支点挂篮

的斜拉索锚固力转移到混凝土主梁上,斜拉索水平分量将会对混凝土施加一个纵向内力。在这两个内力施加过程中,都会引起混凝土的变形,加上后续的挂篮前移及施工荷载变化等因素影响,此时需进行第三次张拉及索力调整,以控制主梁的内力及全桥的线型走向。

由于此时混凝土已经养护成型,先浇筑的混凝土形成一个整体,此时的索力调整,对前面相邻几对索的影响较大,故此次张拉调整应考虑这个影响变化量。图3为三张索力及三张索力调整的对比,这个阶段的索力均匀性较二张时有明显的改善,但是仍然没有达到理论的期望值,需要在成桥后的全桥调整中进一步优化。

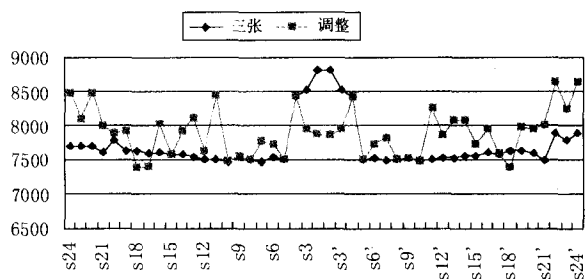


图3 三张及三张调整的索力对比图

2.4 全桥索力调整

南太湖大桥主边跨顺利合龙后,进行了第一次桥面铺装(部分恒载),此时通过对全桥索力及标高的实测,索力均匀性及线型误差都比较大。为使结构受力更为合理,使主梁线型趋于期望值,在全桥范围内进行了一次索力的调整。调整顺序由下至上、由1#至24#索依次调整,调索时每一对四根斜拉索要求同时同步张拉。调索以保证结构安全为主,尽可能调整主梁线型,具体控制要求为:当索力误差不超过 $\pm 5\%$ 时,都以张拉伸长量进行控制;当索力误差超过 $\pm 5\%$ 时,以索力进行张拉控制。

二次恒载在全桥范围内比较均匀分布,对全桥索力均匀性影响不大,故放在全桥调索后进行。

图4为全桥调索前后的索力变化对比,通过对全桥的索力调整,索力误差都控制在了5%以内,索力均匀性也得到了很好的控制,主梁线型得到了明显的改善。主跨跨中位置标高亦有

明显的上升,但是与设计线型还有一定的差距,考虑到此时主梁的内力已经较大,为了保证结构的安全,不再进行索力的调整。全桥调索前后线型对比见图5。

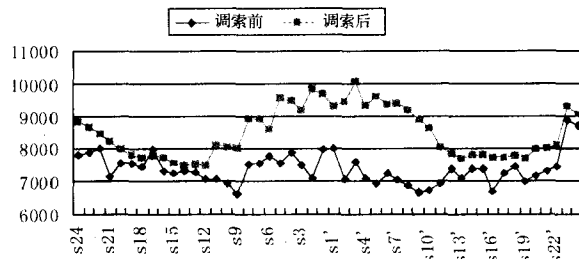


图4 全桥调索前后的索力对比图

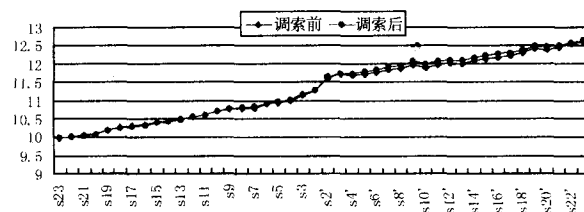


图5 全桥调索前后的线型对比图

3. 结语

(1) 斜拉索是斜拉桥的重要组成部分,是主梁的直接受力结构物,斜拉索的施工质量直接影响斜拉桥的质量和使用寿命。

(2) 斜拉桥在施工过程中,由于不同的工况、不同的施工荷载,要求斜拉索在不同的施工阶段,其索力大小也不一样,需要在各个施工阶段对斜拉索的索力进行优化调整,以满足施工安全及结构受力合理。

(3) 斜拉桥的施工控制需要贯穿于整个施工过程,索力及线型的控制都要考虑每个阶段各种因素的影响,不要寄希望于混凝土养护成型后进行较大幅度的调整量来修正较大的误差累积量。

参考文献

- (1) 翁沙岭, 项贻强. 杭州文晖大桥斜拉索的索力调整的优化计算研究.《中国市政工程》, 2003.5 (29)
- (2) 韦福堂, 孙长军. 单根调索技术在卢浦大桥合龙前钢拱肋轴线调整中的应用.《预应力技术》, 2004.1 (1)
- (3) 范立础, 杜国华, 马健中. 斜拉桥索力优化及非线性理想退分析.《重庆交通学院学报》, 1992,11(1):
- (4) 梁鹏, 肖汝诚, 张雪松. 斜拉桥索力优化实用方法.《同济大学学报》, 2003.11 (31)