

独塔双索面组合斜拉桥索力张拉控制研

高扬

陕西省建筑科学研究院有限公司

DOI:10.12238/ems.v4i3.5485

[摘要] 斜拉桥设计形式应用较为普遍,为了保证工程施工成桥效果,要求在设计阶段综合考虑各项因素的影响,斜拉桥拉索承受拉力,承受压力主要由索塔主梁压弯构件承受。斜拉桥结构体系内力分布容易受到索力的影响,与桥梁材料选择与实际用量之间有着一定的联系。梁体内力容易受到柔索、斜拉桥跨径的影响,成为控制全桥受力和线形的关键,因此斜拉桥施工过程中斜拉索张拉力的确定尤为重要,本文着重阐述几种常用的施工索力计算方法的优缺点,对确定斜拉桥合理成桥状态进行了初步探讨。本文以咸阳高科一路主桥独塔双索面组合斜拉桥为工程背景,建立 Midas 有限元结构模型,用倒拆-正装迭代法确定斜拉索施工索力,最终得到较为理想的成桥索力和成桥线形,对独塔双索面组合斜拉桥施工监控具有指导和借鉴意义。

[关键词] 单塔双索面组合斜拉桥; 施工监控; 索力计算; 倒拆-正装法

中图分类号: TU 文献标识码: A

Study on Cable Tension Control of single tower double cable-stayed composite bridge

Yang Gao

Shaanxi Construction Research Institute Co., LTD

[Abstract] The design form of cable-stayed bridges is widely used. In order to ensure the effect of the construction of the bridge, it is required to comprehensively consider the influence of various factors in the design stage. The internal force distribution of the cable-stayed bridge structural system is easily affected by the cable force, which is related to the selection of bridge materials and the actual amount. The internal force of the beam is easily affected by the span of the cable and the cable-stayed bridge, and it becomes the key to control the force and alignment of the whole bridge. Therefore, the determination of the cable-stayed tension during the construction of the cable-stayed bridge is particularly important. This paper focuses on several common Based on the advantages and disadvantages of the calculation method of the construction cable force, a preliminary discussion on the determination of the reasonable completion state of the cable-stayed bridge is made. Based on the engineering background of the single-pylon and double-cable-plane composite cable-stayed bridge of the main bridge of Xianyang Gaoke 1st Road, this paper establishes the Midas finite element structure model, and uses the inverted-formal installation iterative method to determine the construction cable force of the cable-stayed cables, and finally obtains an ideal completed bridge cable. The force and the alignment of the completed bridge have guiding and reference significance for the construction monitoring of single-pylon and double-cable-plane composite cable-stayed bridges.

[Key words] single tower and double cable plane cable-stayed bridge; Construction monitoring; Cable force calculation; Upside-down and back

前言

斜拉桥是当前很多桥梁工程设计中选择的施工方式,在组织设计过程中要求通过多种方式促进桥梁运行中处于一个较为平稳的状态,要求考虑的设计要素有成桥线性和成桥特征等。斜拉桥在设计中运用了高阶静不定结构,其内力和线性与施工安

装方法密切相关,在具体施工过程中,应当结合施工相关要素综合确定最佳的施工方式,其中设计的关键点为拉索张紧力的确定。

1 施工索力计算方法

斜拉桥各施工阶段结构的受力状态必须满足两方面的要

求: 其一为施工过程中受力安全: 第二层面要求在施工完成之后, 相关参数与数值能够符合桥梁实际运行需求。与具体的桥梁工程项目相结合, 选择最为适宜的施工工艺与施工技术方案, 其中需要确定的重要内容包括梁截面立模标高、电缆张力数值。若在具体施工过程中, 控制成桥力张力只存在于梁截面上, 则结合此次施工过程中的其他相关参数与数值, 计算理论状态之下的成桥状态, 并据此调整施工相关内容。在部分施工状态之下需要综合考虑并适当调整缆索力, 并与实际施工状态相结合, 综合制定适宜的调整方案。此种设计方式在给工程增加施工选择可能性的同时, 也给工程施工带来了一定的不确定性。

在具体施工计算与管理过程中, 要求结合具体施工数值精准计算斜拉桥索力、结构位移, 并据此得出内力和应力应变数值, 通过对这一数值的分析能够得出施工过程结构在运行中的受力情况与变形情况。斜拉桥施工过程中容易受到多种因素的影响, 包括工程施工本身以及外界因素等, 增加了工程受力因素的复杂性, 受力参数的选择与调整受到多种因素的影响, 同时具备一定的随机性与规律性, 与单纯理论数值计算之间存在着一定的差异性。由此在具体施工过程中可能出现施工受力状态与理论计算数值不相符合的现象, 导致出现实际成桥受力状态与成桥状态两者之间存在着一定的差异性。由此在桥梁工程施工过程中要求同时考虑施工安全、施工外部环境要素、施工受力控制等, 促进斜拉桥顺利施工。目前施工阶段的拉索张力确定方法有倒拆法、正装法、正装迭代法、倒拆-正装迭代法。

1.1 倒拆法

倒拆法运用过程中, 结合成品桥的设计要求与相关参数数值, 结合施工完成之后桥梁需要达到的内力状态, 对桥设计各项部件进行分解, 促进不同施工工段之间达到良好的协同效果。

大跨度混凝土斜拉桥施工过程中要求综合考虑多项因素, 需要重点关注的内容之一为混凝土收缩徐变因素, 以此增强计算结果的精准、全面性。在计算过程中应当考虑混凝土徐变蠕变计算时间为连续状态, 要求采用迭代法进行计算, 避免运用反拆除法进行计算。计算方式为首次计算不分析混凝土收缩徐变数值, 而是在每一轮计算过程中将计算结果逐级推倒, 并利用dress完成最终数据汇总与分析, 最终计算不同施工阶段下该桥梁工程混凝土收缩、徐变情况, 并将计算结果迭代, 最终完成全部的数值。

上述计算方式与倒退分析计算相比具有显著的运算优势。在计算过程中, 结合了收缩、徐变对工程运行可能产生的影响。而在倒退分析过程中, 几何非线性力与位移修正量数值是按照向上推导的方式得出的, 并结合实际计算工得住这一过程中存在的误差。并且支座单元、拆除合拢段计算与施工过程中, 未将杆端力设置为0, 与成桥之后的整体状态不相符合, 导致计算过程中容易出现结构状态不闭合问题。迭代法计算方式克服了这一问题。

1.2 正装法

采用倒装法进行计算中, 部分计算并不能够即时得到, 而是在完成一定的施工工序之后才能够得到, 例如倒拆计算全部完成之后才能够得出主梁架设线形、斜拉桥架设控制参数。在施工过程中, 如果施工方案或施工负荷有较大变化, 则需要重新计算。当采用预制块体悬臂施工方案时, 必须在施工前进行反演计算, 以获得准确的梁向。采用形式安装法进行斜拉桥的施工计算, 可以灵活地解决同样的问题。

正装法施工运用中采用了与斜拉桥一致的施工方式, 在具体施工计算中, 要求精准计算不同施工工序之下的位移与内力。同时与具体的施工要求相结合, 利用数学求解方程得出需要计算的参数数值。按照法向安装法得到的控制参数和顺序进行结构构建, 理论上斜拉桥恒载内力和主梁对中应基本符合预定的理想状态。

1.3 正装迭代法

在用反法和正法确定斜拉索各种张力时, 拆除接头段和支撑元件时, 由于杆端力非零而导致的不闭合问题, 不方便确定有效减少或消除的措施。形式化迭代法运用中: 与该工程实际情况相结合设置一个拉索力, 根据形式化结构计算一个桥梁状态, 将得到的桥梁状态与理想数值进行纵向对比, 判断两种计算状态之下相关参数之间的不同, 对拉索力调整提供依据。完成之后继续计算, 最终完成全部的计算数值, 此种方式运算之下, 有效抹平了不闭合的影响。

具体步骤如下:

(1) 此一次的初张拉是以算成桥索力 $T_{成}$ 的初张拉力 T_0^1 计算的, 算出成桥后的索力;

(2) 第二次的初张拉力 $T_0^2=T_0^1+(T_{成}-T_1^1)$, 算出成桥后的索力 T_1^2 ;

(3) 第三次的初张拉力 $T_0^3=T_0^2+(T_{成}-T_1^2)$, 算出成桥后的索力 T_1^3 ;

以此逐步迭代计算, 最后可实现成桥后的索力与设计的成桥目标状态的成桥索力相差在一个允许范围内, 使得数值运算之后得出的桥梁应力、内力与变形情况满足当前我国针对桥梁工程的要求。

1.4 倒拆-正装迭代法

倒拆-正装迭代法运算过程中, 首先要求抹平非线性问题, 结合桥梁施工中的反拆卸结果完成安装计算, 要求在这一过程中考虑桥梁工程中可能遇到的一些突发情况, 分析不同施工工序之间的影响, 并结合整体桥梁施工要求, 适当调整不同的施工工序, 使得桥梁施工效果最佳。

2 工程实例

咸阳高新区高科一路高架桥工程, 起点顺接高科一路道路, 由南向北依次跨越规划纬一路、西宝高速、规划产业路, 终

点接永昌路交叉口,道路全长1284.331米;双向六车道设计,该高架桥工程施工完成之后预计速度为40Km/h,道路总宽50米,采用主线+辅道形式的横断面设计,主线道路宽30.5m(2.25m人行道+2.5m非机动车道+21m机动车道+2.5m非机动车道+2.25m人行道),辅道单侧宽度为9m(6.5机非混合道+2.5人行道),主线与辅道之间留0.75m隔离带。

高架桥平面位于直线,纵断面采用凸型竖曲线,桥梁最大纵坡2.5%;桥梁全长637.4m,其中主桥长150m,桥宽34.2m,主桥采用90+60m独塔双索面组合梁斜拉桥。

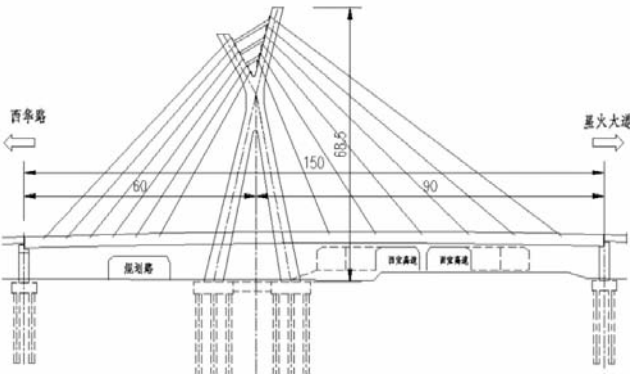


图1 高架桥工程主桥结构布置图

全桥施工阶段模拟采用Midas Civil进行分析。全桥仿真模型见图2。

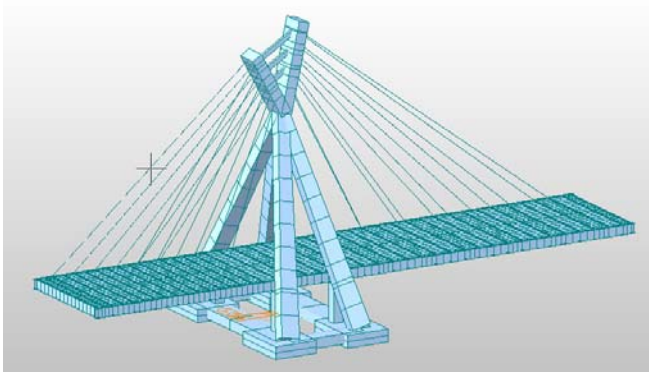


图2 全桥模型示意图

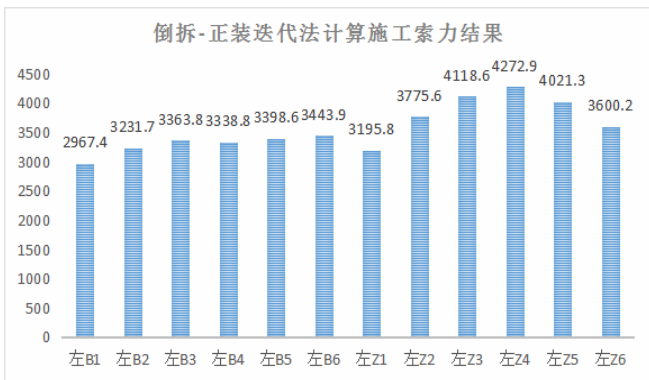


图3 施工索力计算结果

根据施工方案及施工工序,准确模拟整个桥梁的施工过程,大体施工阶段划分为:桩基、承台施工→主塔施工→主梁1区、2区、3区按顺序拼装→张拉斜拉索→桥面二期铺装→拆支架成桥。

采用倒拆-正装迭代法的具体步骤,计算得出施工索力如图3,依据计算施工索力指导张拉施工,最终实测成桥索力和成桥主梁线形如图4和图5。

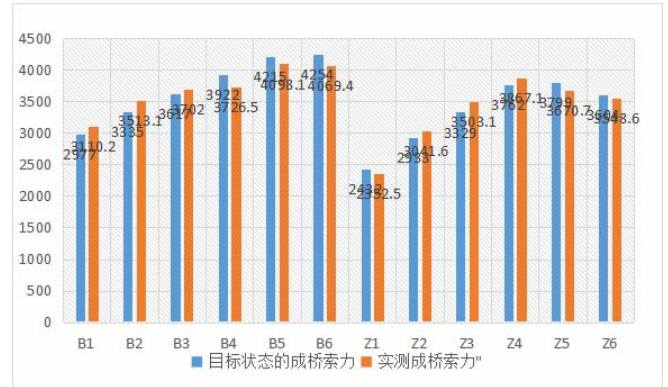


图4 成桥索力



图4 成桥主梁线形

从实测结果可知,倒拆-正装迭代法指导的索力张拉后的成桥索力和设计成桥索力相差不大,差值都在5%的范围内,主梁实测线形与设计线形最大相差≤4cm.用该方法确定独塔双索面组合斜拉桥的施工张拉索力是有效的。

3 结论

斜拉桥施工过程中为了达到理想的施工效果,要求综合考虑工程施工中的各项影响要素,考虑不同施工状态的影响,综合运用倒拆法、正装法、正倒-拆装迭代法,在具体运用过程中要求掌握不同方法的步骤,注意事项,以及各种方法的优缺点,指出在斜拉桥施工中,要求对施工中的多项客观因素进行综合分析,包括选用的施工材料、设备等,与桥梁工程具体的施工要求相结合,综合制定最为适宜的施工方案,明确不同的施工步骤与施工顺序。以咸阳高新区高架桥工程主桥独塔双索面组合斜拉桥为工程背景,介绍工程概况,并根据施工情况划分施工过程,利用有限元软件对施工阶段进行倒拆-正装迭代法分析,进而得

到施工阶段斜拉索的张拉索力,结果表明采用这种计算方法,成桥之后各项参数数值合理,消解不良因素的影响,用该方法确定独塔双索面组合斜拉桥的施工张拉索力是有效的。

[参考文献]

- [1]杜国华,姜林.斜拉桥的合理索力及其施工张拉力[J].桥梁建设,1989,(03):11-17.
- [2]范立础,杜国华,马健中.斜拉桥索力优化及非线性理想倒退分析[J].重庆交通学院学报,1992,(01):1-12.
- [3]陆楸,徐有光.斜拉桥最优索力的探讨[J].中国公路学报,1990,(1):38-48.
- [4]肖汝谿.确定大跨径桥梁结构合理设计状态的理论与方法研究[D].同济大学博士论文,1996.
- [5]吕峰,杨勤.桥梁工程施工技术研究[J].运输经理世界,2021,(34):106-108.
- [6]斜拉桥的受力特征分析[C]//第八届全国结构工程学术会议论文集(第Ⅲ卷),1999:257-261.
- [7]施溪溪.大跨度斜拉桥施工控制计算分析[D].南京工业大学,2005.
- [8]斜拉桥安装计算——倒拆法与无应力状态控制法评述[C]//全国桥梁结构学术大会论文集(上册),1992:582-586.
- [9]黄侨,吴红林,刘绍云.大跨度斜拉桥几何非线性分析及程序实现[J].哈尔滨工业大学学报,2004,36(11):1520-1523.
- [10]肖汝谿,林平.计算结构力学在桥梁结构施工设计与施工控制中的应用[J].计算结构力学及其应用,1993,(01):92-98.

作者简介:

高扬(1987—),男,汉族,陕西西安人,硕士,桥梁检测工程师,从事桥梁检测与科研工作。