

下承式桁架梁桥内力简化计算方法

何柏春¹, 费增乾², 侯斌峰²

(1. 湖州市交通规划设计院 湖州市 313000; 2. 湖州市交通工程质量监督站 湖州市 313000)

摘 要: 介绍采用单弯矩法简化计算下承式预应力混凝土桁架梁桥结构内力的计算方法。

关键词: 桁架梁桥; 下承式; 简化计算

1 下承式桁架梁桥概况

下承式预应力混凝土桁架梁桥, 上弦为抛物线形折线或曲线, 各个节点上的竖杆由两根独立的杆件组成, 每个节间形成独立的桁架片单元, 见图 1 所示。

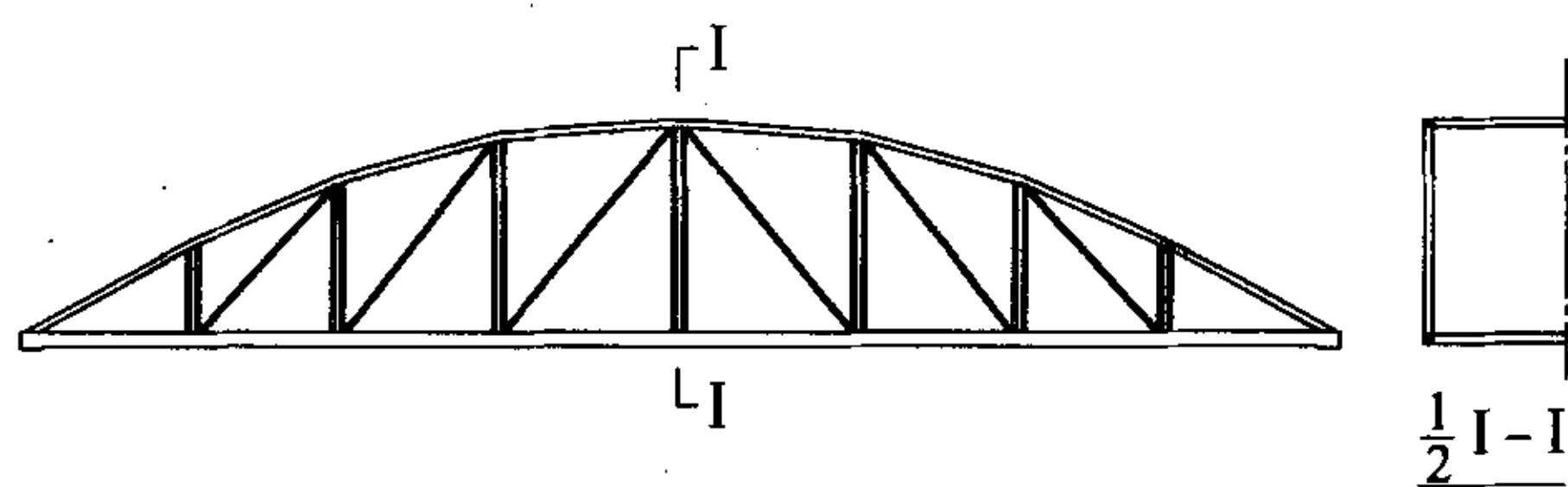


图 1

其下弦、竖杆及桥道系横梁采用预应力混凝土构件, 组成三向预应力体系, 上弦及斜杆采用钢筋混凝土构件。施工方法一般采用支架上拼装预制桁架梁片, 现浇桥面系施工, 预应力钢筋按施工阶段分批张拉施工。这种桥型建筑高度小, 跨越能力大, 适应一般内河航道净空要求, 且用材省、造价低。自 1989 年湖州市建成第一座(跨径为 61 m, 设计荷载为汽

车-10 级)桁架梁公路桥后, 很快在浙江北部杭嘉湖平原地区得到推广应用, 在各级公路以及城市道路中, 建造了不少此型桥梁。据部分已建公路桥资料, 跨径为 49~73 m, 建筑高度 0.8~1.2 m, 主桁架上部构造材料用量为: 预应力钢筋 24.8~31.2 kg/m², 普通钢筋 48.0~91.3 kg/m², 混凝土 0.44~0.64 m³/m²。多年的工程实践和使用表明, 这种桥型结构性能良好, 具有推广使用价值。

2 计算原理

在这种桁架梁桥中, 桥面系横梁不但在下弦节点上设置, 而且在节间内均匀设置, 下弦截面较一般杆件截面为高大, 视为一刚劲梁。因此, 这种结构实为桁梁混合体系, 为多次超静定结构, 计算简图及基本结构如图 2 所示。当具有 n 个节间时, 为 $n-1$ 次超静定结构, 利用结构对称性简化为 $n/2$ 次超静定。

考虑到其中梁构件(下弦)的本身刚度较之整个

收稿日期: 2006-01-20

混凝土 28 d 劈裂抗拉强度为 3.21 MPa, 因此混凝土在该应力下是安全的。以上分析说明, 模拟计算的温度场、应力场是合理、可靠的。

5 结论

(1) 锚碇大体积混凝土的温控防裂是一个综合体系, 应从混凝土原材料优选、配合比优化、温控方案的制定、温控措施的实施及现场温度、应力监控等多方面着手, 确保大体积混凝土的温度、应力发展在预控范围内。

(2) 锚碇大体积混凝土的配制应以防裂为核心,

通过对混凝土各组分的优选以及最佳掺量、最佳配合比等参数的确定, 达到提高混凝土材料自身抗裂能力和抗变形性能的目的。

(3) 根据模拟计算结果, 优化温控方案及措施, 以减小温度应力、约束条件等作用在结构上的效应。

(4) 根据现场条件, 灵活多样地采取各种温控措施。并确保温控措施的严格执行。

(5) 现场温度、应力监控既是对理论计算的验证, 也为温控施工提供正确的指导和依据, 并为今后的工程提供借鉴。实践证明, 本工程锚碇大体积混凝土温度、应力监控效果良好。

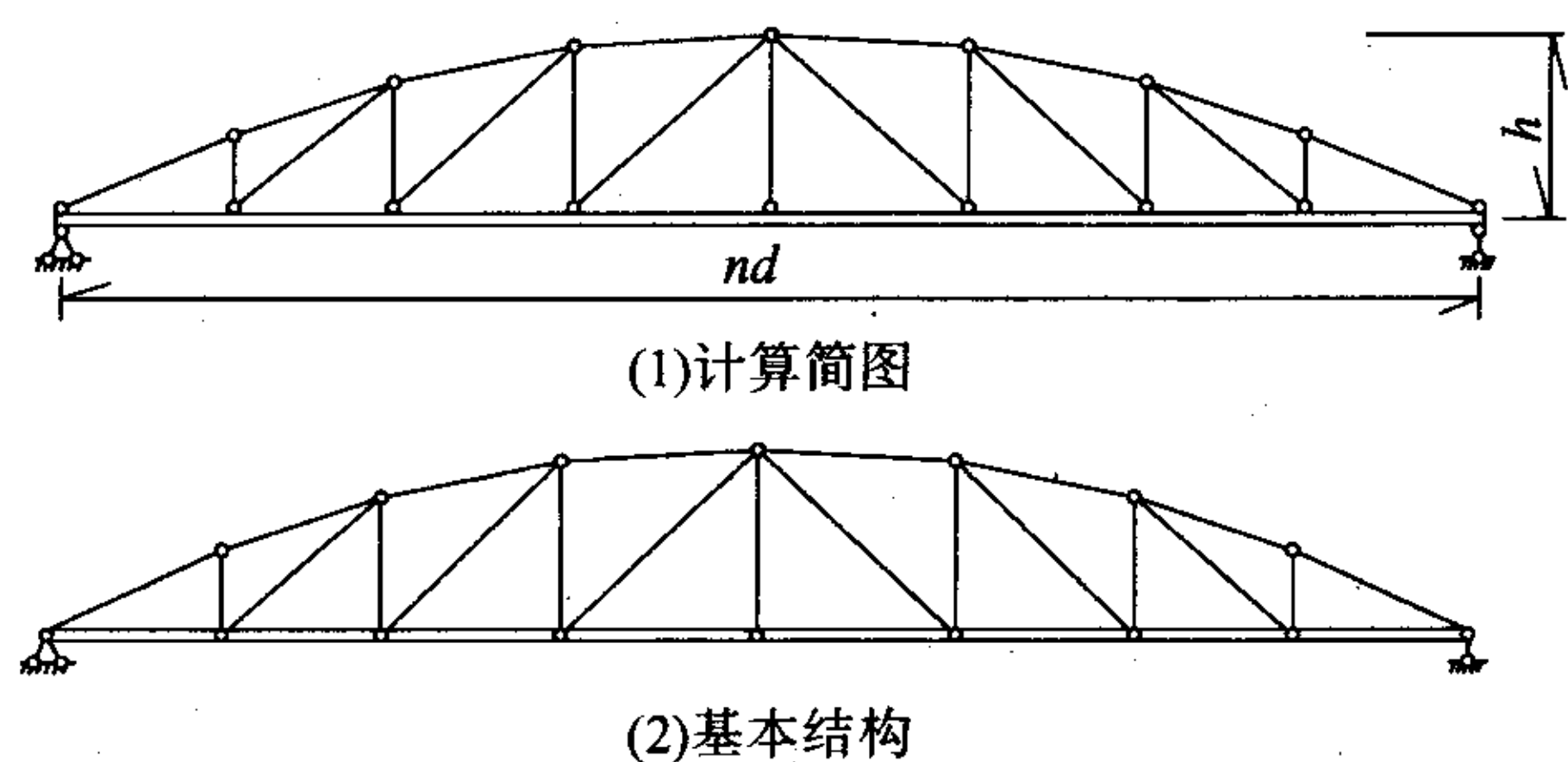


图2

结构的刚度要小得多,同时梁上每个节点的刚性对整个结构变形的影响也是很小的。因此,每个力法典型方程中的各个副系数项均可以略去不计。这样每个典型方程式均可简化成如下的型式:

$$X_K \delta_{KK} + \Delta_{KP} = 0 \quad (1)$$

无需解联立方程,即可直接求得各个节点的赘余弯矩值。

$$X_K = -\frac{\Delta_{KP}}{\delta_{KK}} \quad (2)$$

不难看出,所求到的赘余弯矩 X_K 的数值,实际是一个仅有节点 K 为刚性而其余均为铰结的结构在节点 K 处的赘余弯矩,见图3所示。故称该法为单弯矩法。其中, $K=1 \sim (n-1)$ 。

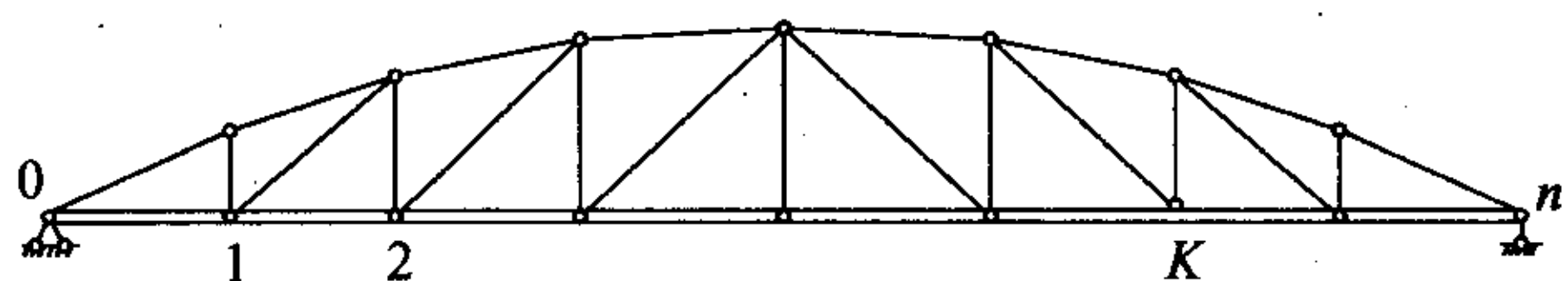


图3

3 计算方法和步骤

设杆件轴力以受拉为正,弯矩以使截面上缘受压为正,剪力以使杆件逆时针转动为正。

3.1 恒载作用下基本结构各杆件的轴力

全桥恒载近似按均布荷载计算,则按以下各式求得基本结构各杆件的恒载轴力为:

$$\text{下弦轴力 } N_{PU} = \frac{PL^2}{8h} \quad (3)$$

$$\text{上弦轴力 } N_{PO} = -q \frac{L^2}{8h \cos \alpha_n} \quad (4)$$

$$\text{竖杆轴力 } N_{pv} = qd \quad (5)$$

$$\text{斜杆轴力 } N_{PD} = 0 \quad (6)$$

式中: q 为每榀桁架所承受的恒载强度; L 为桁架跨径; h 为桁架跨中处轴线高度; α_n 为上弦杆倾角; d 为下弦节点间距。

由以上各式可知,桁架梁基本结构在恒载作用

下,下弦内力是一常数;上弦内力依 $\cos \alpha_n$ 的函数而变化,从支座处向跨中减少;竖杆内力为一常数;斜杆内力为零。

3.2 桁架梁恒载内力

3.2.1 恒载作用下,桁架梁下弦各节点的赘余弯矩将 $\bar{X}_K=1$ 依次分别加于下弦各中间节点上,显然仅在相邻于 \bar{X}_K 作用节点的两个节间内的杆件中引起内力。分别计算各单位内力,见图4所示。

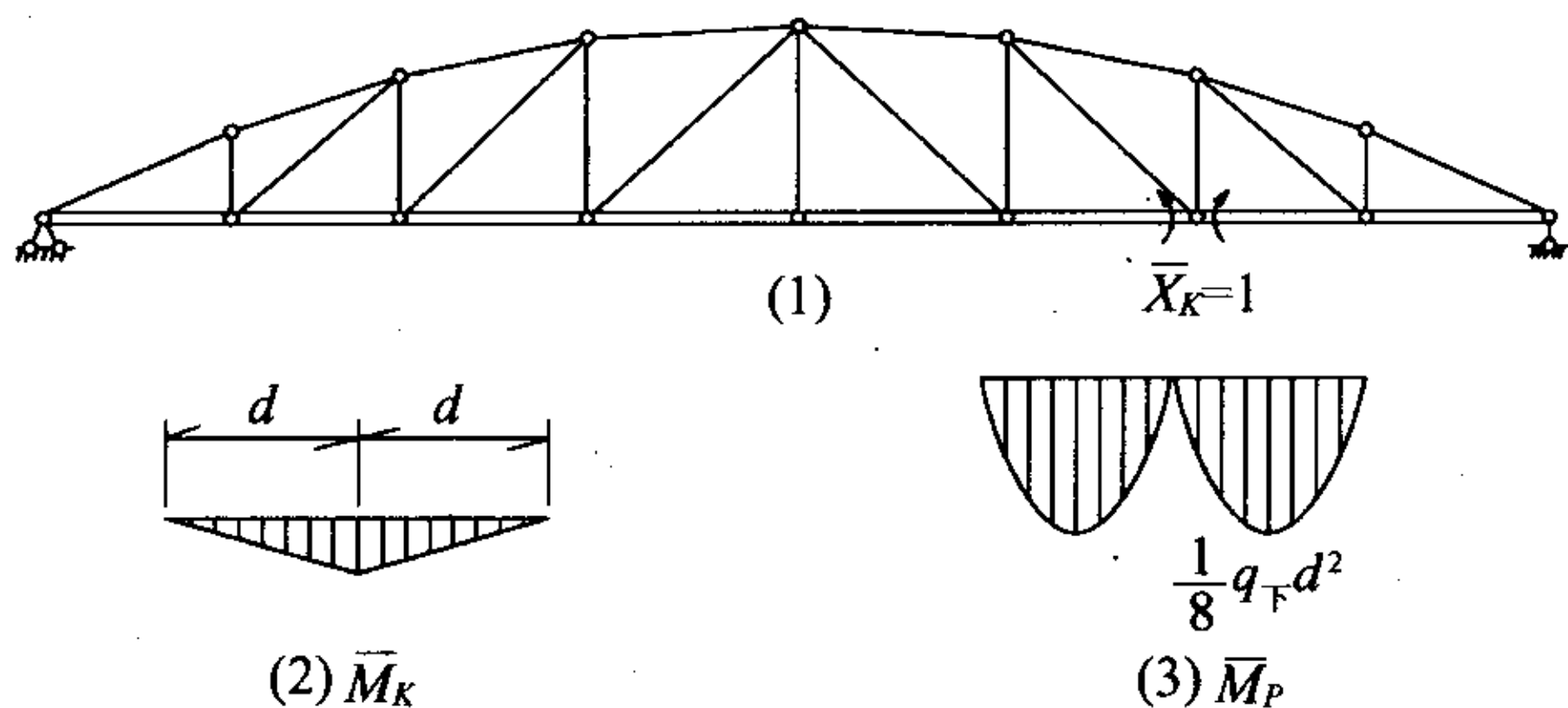


图4

计算各系数 δ_{kk}, Δ_{KP} :

$$\delta_{KK} = \sum \frac{\bar{N}_K^2 S}{EF} + \int \frac{\bar{M}_K^2 ds}{EI} \quad (7)$$

$$\Delta_{KP} = \sum \frac{\bar{N}_K N_P S}{EF} + \int \frac{\bar{M}_K M_P ds}{EI} \quad (8)$$

由图4,用图形相乘法得:

$$\int \frac{\bar{M}_K ds}{EI} = \frac{2d}{3EI} \quad (9)$$

$$\int \frac{\bar{M}_K M_P ds}{EI} = \frac{q_d d^3}{12EI} \quad (10)$$

式中: q_d 为下弦所承受的恒载强度。

由式(2),可计算下弦各节点的赘余弯矩值。

3.2.2 计算桁架梁各杆件的恒载轴力

轴力计算公式为:

$$N = X_K \bar{N}_K + N_P \quad (11)$$

3.2.3 作桁架梁上、下弦的恒载弯矩图

下弦任一截面的恒载弯矩计算式为:

$$M = M_0 + \frac{M_{K+1} - M_K}{d} \times X + M_K \quad (12)$$

式中: M_0 为以 $K, K+1$ 两个节点为端点的相应简支梁在恒载作用下计算截面的弯矩; X 为计算截面和节点 K 的距离。

上弦仅承受自重弯矩,计算公式为:

$$M = \frac{1}{8} q_{\perp} d^2 \quad (13)$$

式中: q_{\perp} 为上弦自重水平方向的恒载强度。

3.2.4 作桁架梁下弦的恒载剪力图

下弦恒载剪力计算式为:

$$Q = Q_0 + \frac{M_{K+1} - M_K}{d} \quad (14)$$

式中: Q_0 为以 $K, K+1$ 两节点为端点的相应简支梁在恒载作用下计算截面的剪力。

3.3 计算桁架梁活载内力

3.3.1 用弹性荷载法绘制基本结构在 $\overline{X}_K = 1$ 作用下, 各节点的竖向变位图 δ_{PK}

在 $\overline{X}_K = 1$ 作用下, 求出基本结构内力 $\overline{M}_K, \overline{N}_K$ 。

将成对的单位力偶轮流地加在下弦中间节点的左右两个节间上, 其中间两个分力应向上, 并分别求出基本结构各项内力 $\overline{M}_{\lambda K}, \overline{N}_{\lambda K}$, 见图 5 所示。

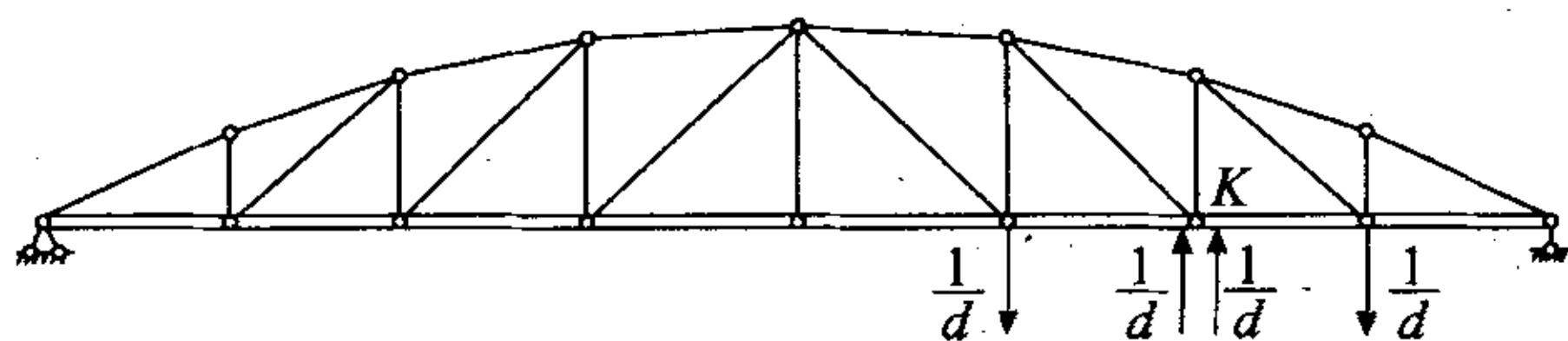


图 5

用图形相乘法求出各节点的弹性荷载:

$$W_K = \sum \frac{\overline{N}_{\lambda K} \overline{N}_K S}{EF} \quad (15)$$

在弹性荷载作用下, 作出虚梁的弯矩图(画在受拉边), 即为所求的变位图 δ_{PK} 。 W_K 在虚梁上的作用方向为: W_K 为正值时, 其方向向上, 负值时方向向下。

3.3.2 作各赘余弯矩 X_K 的影响线

将各变位图 δ_{PK} 除以常数 $-\delta_{KK}$, 即求得各赘余弯矩 X_K 的影响线。

$$\text{即: } X_K = -\frac{\delta_{PK}}{\delta_{KK}} \quad (16)$$

3.3.3 作各杆件活载内力影响线

桁架梁上任一杆件或截面的活载轴力、弯矩、剪力影响线可分别按式(11)、式(12)、式(14), 用叠加方法求得。

3.3.4 计算桁架梁活载内力

在影响线上布载, 计算控制杆件和截面在最不利布载时的活载内力, 横向分布系数可由杠杆法求得。

4 小结

(1) 简化计算概念明确、方法简便, 即使在电算日益普及的今天, 仍然具有现实意义。

(2) 电算精确分析表明, 桁架上弦以轴向受压为主, 活载弯矩较小; 竖杆和斜杆以轴向受拉为主, 下弦总体以轴向受拉为主, 受桥道系荷载直接传递, 同时呈弹性支承连续梁受力状态, 在重车不利布载下, 弯矩较大。

(3) 简化计算和电算结果比较, 在相当多的部位上相接近, 有较好的符合性, 可以满足工程实际的精度要求。考虑节点刚性等因素, 简化计算得出的内力, 应乘系数, 其值对下弦宜不小于 1.1, 其余杆件宜不小于 1.2。

(4) 因同类杆件采用相同截面和配筋, 故内力一般只需计算控制杆件或截面的内力。对于本文图示的结构, 下弦为第 2 节间跨中断面, 上弦为第 1 节间跨中断面, 斜杆为第 3 节间斜杆, 竖杆为跨中竖杆。

参考文献:

- [1] 范立础. 桥梁工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 1996.
- [2] 包世华. 结构力学[M]. 武汉: 武汉工业大学出版社, 2002.

邕江大桥解特大跨度拱桥混凝土浇注难题

广西邕宁邕江大桥注重科技创新与新技术应用, 日前被中国土木工程学会评为“中国优秀桥梁”。

由武警交通部队工程设计研究所设计并指导施工的邕江大桥为中承式钢骨钢筋混凝土拱桥。大桥建设过程采用了先进的目标函数控制技术, 即在大量施工仿真分析的基础上, 结合国内外拱桥施工和实验观测成果和设计者的经验, 制定出目标函数控制值, 随时监测、控制各项指标。混凝土浇注方法的研究是特大跨度拱桥施工的一个关键课题。设计者们开发出“千斤顶斜拉扣挂悬拼架设钢管拱桁架”和“千斤顶斜拉扣挂连续浇注拱肋混凝土”两项新的设计施工技术, 确保在浇注过程中应力、内力、变形及稳定安全度不发生突变, 成功解决了大跨径中承式混凝土拱桥施工过程中主拱圈内力、应力调整的重大科技难题。