

## 大跨度斜拉桥钢混叠合加劲梁制造线形研究

刘斌

(长沙理工大学 土木工程学院, 湖南 长沙 410114)

**摘要:** 介绍了零初始位移法、切线位移法的适用范围和计算原理;根据叠合加劲梁斜拉桥悬臂拼装施工的特点,采用更适用于计算钢梁制造预拱度的切线位移法,应用 MIDAS 有限元分析软件对某叠合梁斜拉桥进行精细化建模,通过对该桥整个施工过程的模拟,得到钢梁的制造线形。

**关键词:** 桥梁;叠合梁斜拉桥;悬臂拼装施工;制造线形;切线位移法

**中图分类号:** U442.5

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2020)04-0146-02

对于悬臂拼装施工的叠合梁斜拉桥,由于钢主梁在钢结构制造厂家事先预制完成,现场悬拼时节段之间的转角不可随意调整,只能进行切向安装,制造预拱度计算对悬拼钢梁至关重要。制造预拱度是给钢结构厂家下达的线形加工指令,即钢梁的无应力制造线形,若钢梁的制造预拱度有误差,将导致钢梁斜拉桥梁段安装时前后梁段间转角与制造线形不一致,影响结构受力,甚至影响全桥的运营。以往较多采用零初始位移法(将新生成节点的初始位移指定为零,以该点为零点记录节点的累计位移值)计算预拱度,该方法的计算结果是安装线形,无法直接得到制造线形,基于零初始位移法的计算模型需结合各节点竖向位移和转角位移才能计算出制造预拱度。切线位移法是将新节点初始位移指定到沿着已成梁段悬臂端切线上,把到节点偏移零位置的距离作为累计位移值,其计算结果为制造预拱度,且计算中不存在预拱度之间的转化。

## 1 制造预拱度的计算原理

在现场施工过程中,钢梁是按照前一个桥梁节段的切线方向用高强度螺栓拼装,这种独特的施工方式会带来不可忽视的假想位移(也称虚位移),故结构的实际位移(也称为总位移)由结构荷载产生的纯位移和虚位移组成。计算钢梁的制造预拱度是为了向钢梁制造厂家下达制造线形指令,钢梁制造完成后在厂内预拼装,达到构件精度和线形要求后将钢梁运输到现场,在现场按钢主梁的切线方向进行拼装,使成桥后实际桥梁线形与成桥理论线形基本一致。制造预拱度等于施工过程中各施工阶段总位移的反方向的值。

以 3 个节段的悬臂拼装梁施工为例,为了形象

直观,令梁段在变形后仍为直线节段。如图 1 所示,在悬臂拼装完第 1 个梁段后,节点 1 处产生的位移为  $\delta_{11}$ ,节点 2 和节点 3 处分别产生假想位移  $\delta_{21}$ 、 $\delta_{31}$ ;在悬臂拼装完第 2 个梁段后,节点 1 和节点 2 处产生的位移分别为  $\delta_{12}$ 、 $\delta_{22}$ ,节点 3 处产生假想位移  $\delta_{32}$ ,这 3 个位移全都不包含悬臂拼装梁段 1 时的假想位移;在悬臂拼装完第 3 个梁段后,节点 1 和节点 2 处产生的位移分别为  $\delta_{13}$ 、 $\delta_{23}$ ,节点 3 处产生的位移为  $\delta_{33}$ ,这 3 个位移全都不包含悬臂拼装梁段 1 和梁段 2 的位移。

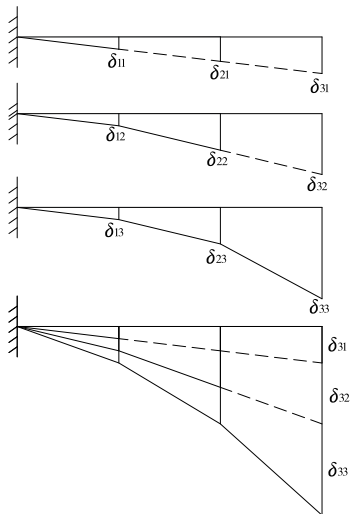


图 1 悬臂拼装各梁段时的位移

悬臂拼装完第 3 个梁段后各点的总位移为:

$$\text{节点 1 的总位移} = \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13}$$

$$\text{节点 2 的总位移} = \delta_{21} + \delta_{22} + \delta_{23}$$

$$\text{节点 3 的总位移} = \delta_{31} + \delta_{32} + \delta_{33}$$

各节点的纯位移为:

$$\text{节点 1 的纯位移} = \delta_{11} + \delta_{12} + \delta_{13}$$

$$\text{节点 2 的纯位移} = \delta_{22} + \delta_{23}$$

节点 3 的纯位移= $\delta_{33}$

如图 2 所示,制造预拱度是一条连续线形,中间没有出现突变,如果严格按施工预拱度进行施工,拼装钢主梁时只需按照制造预拱度与前一个桥梁节段连接,再利用斜拉索对钢主梁线形进行微调,即可使实际成桥线形与理论成桥线形基本一致。

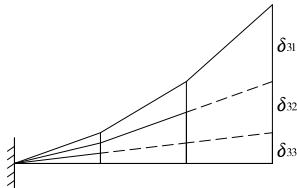


图 2 制造预拱度曲线

2 制造线形实例研究

某叠合梁斜拉桥全长 866 m,为双向坡双塔双索面混合式叠合梁斜拉桥(主跨 480 m),设计速度 80 km/h。索塔为江鱼拱形砼桥塔,总高 182.922 m,桥面以上索塔高度为 128.6 m。承台顶面至塔冠顶面采用承台+群桩基础。为减小索塔拉应力,塔柱设置井字形水平预应力钢束,局部范围内设置竖向预应力钢束。中跨采用钢箱叠合梁,边跨采用预应力砼梁,钢混结合段位于中跨索塔附近。下面以该桥为例,研究悬臂拼装钢梁的制造线形。

2.1 模型建立

采用 MIDAS/Civil 软件进行建模计算。边界条件如下:主塔桩基础由土弹簧约束,桥墩底部固结;梁端及辅助墩处竖向约束,纵向不约束;主梁与主塔竖向、横向约束。计算模型见图 3。

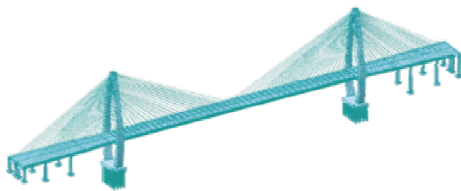


图 3 MIDAS 计算模型

2.2 软件计算特点

利用 MIDAS 软件计算钢梁制造预拱度时,在施工阶段分析控制数据对话框中选择构件沿初始切线位移方向激活选项并选择需激活该选项的结构组,施工新的桥梁节段时,新节段按照上一个桥梁节段的切线方向安装,在后处理模式分析时,可在分析结果中分别提取钢梁的切线位移和预拱度。其中钢梁的切线位移包含结构受力、至竣工阶段的收缩徐

变、切线拼装引起的位移总和,预拱度考虑的是成桥 10 年后收缩徐变和 0.5 倍活载引起的位移。

2.3 制造线形计算结果与分析

该桥制造线形计算结果见表 1、图 4。

表 1 某叠合梁斜拉桥制造线形计算结果

梁段	设计标高/m	切线位移/mm	预拱度/mm	制造预拱度/mm	制造线形/m
DH0	316.364 5	2	30	28	316.392
DH1	316.417 0	-26	48	74	316.491
DH2	316.469 5	-67	64	131	316.600
DH3	316.520 9	-82	79	160	316.681
DH4	316.569 7	-103	93	197	316.766
DH5	316.615 7	-112	108	220	316.836
DH6	316.661 3	-112	124	236	316.898
DH7	316.703 8	-108	142	250	316.954
DH8	316.738 2	-103	161	264	317.002
DH9	316.775 0	-100	181	281	317.056
DH10	316.808 7	-98	203	301	317.110
DH11	316.839 4	-98	226	323	317.163
DH12	316.866 9	-98	249	347	317.214
DH13	316.891 4	-96	274	370	317.261
DH14	316.912 8	-93	298	391	317.304
DH15	316.931 2	-88	320	408	317.340
DH16	316.946 4	-99	342	441	317.388
DH17	316.958 6	-90	361	451	317.410
DH18	316.967 7	-76	376	452	317.420
DH19	316.973 7	-71	387	458	317.431
DH20	316.976 7	-73	392	464	317.441
DH21	316.977 0	-78	392	470	317.447
DH20	316.976 8	-73	392	464	317.441
DH19	316.974 3	-72	387	459	317.433
DH18	316.968 7	-77	377	454	317.423
DH17	316.960 0	-92	361	453	317.413
DH16	316.948 2	-60	342	403	317.351
DH15	316.933 4	-69	320	389	317.323
DH14	316.915 6	-74	298	372	317.287
DH13	316.894 5	-77	274	351	317.245
DH12	316.870 4	-78	249	327	317.198
DH11	316.843 3	-78	225	303	317.147
DH10	316.813 1	-79	203	281	317.094
DH9	316.779 8	-80	181	261	317.041
DH8	316.743 3	-83	160	244	316.987
DH7	316.703 9	-88	141	229	316.933
DH6	316.661 3	-92	124	216	316.877
DH5	316.615 8	-92	108	199	316.815
DH4	316.569 7	-83	93	176	316.745
DH3	316.520 9	-81	78	159	316.680
DH2	316.469 5	-66	63	130	316.599
DH1	316.417 0	-26	48	73	316.490
DH0	316.364 5	3	30	27	316.392