

MSTCAD 软件在组合网架设计中的应用

陈向阳

罗尧治

(浙江省交通设计院 杭州 310007) (浙江大学土木系 杭州 310027)

[提要] 针对钢结构和钢筋混凝土结构组合网架这种新型空间结构,分析了采用不同的计算模型对其进行计算的数值精度。介绍了用 MSTCAD 软件设计组合网架的方法,供组合网架设计时参考。

[关键词] 组合网架 MSTCAD 软件 设计

一 组合网架的计算模型比较

组合网架是一种钢结构和钢筋混凝土结构组合的空间结构,可充分发挥两种材料的优势,降低工程造价。组合网架的计算分析可以采用多种有限元分析模型,本节以一 25 m × 20 m,厚 2.0 m,网格数为 10 × 8 的正交正放四角锥组合网架为例,对不同有限元模型得到的静力特性进行了详细的分析和比较。网架为周边竖向和切向支承。

模型一是等代空间桁架法,即将上弦层根据能量等代原理等代为普通杆件,等代杆件截面根据文献[1]得到;模型二的上弦杆件仅考虑组合网架的加劲肋,并将加劲肋看作理想铰接,而把上弦板作为安全储备;模型三则认为加劲肋为理想刚接;模型四为板系、梁系和杆系组合结构,假设加劲肋之间为理想刚接;模型五在模型四的基础上,引入主从自由度约束,考虑上弦板节点偏心的影响,偏心距离为 5 cm。结构的上弦板和面层自重合计为 4.0 kN/m²,活载为 3.5 kN/m²。不同计算模型的分析结果见表 1。比较计算结果可知,等代空间桁架法对组合网架的静力分析具有较高的精度,误差一般小于 5%,完全可以应用于工程设计。仅考虑加劲肋作用,设计虽然简单,但误差较大。上弦板节点偏心对结构受力影响较小,且偏于安全,因而设计组合网架时可以不考虑节点偏心。组合网架的刚度明显比普通网架高,跨中挠度约为普通钢网架的 60%。

不同模型的分析结果

表 1

模 型	一	二	三	四	五	普通网架
最大位移 (cm)	2.856 5	3.491 7	3.328 6	2.971 0	2.862 3	5.120 4
下弦跨中杆 $N_{\max}$ (kN)	577.2	562.5	561.1	579.8	566.8	699.4

二 利用 MSTCAD 软件设计组合网架

根据网架规程^[3]规定的等代空间桁架法,利用 MSTCAD 软件,能方便地设计组合网架。设计的主要步骤如下:

(1) 利用 MSTCAD 建立组合网架的等代交叉杆系模型。为了便于上弦板的预制和安装,网格尺寸一般

控制在 2 ~ 3 m 之间,并尽可能统一。和普通网架模型相比,交叉杆系模型的上弦平面除正交的杆件外,还具有交叉杆。杆件先全采用普通钢管,钢管的截面类型可以参照普通网架选取。

(2) 根据网格大小确定上弦板尺寸,参照以往经验初步确定上弦板的厚度和加劲肋的截面,然后利用通用有限元程序进行局部弯曲校核。计算模型可以假设为四角支承的单跨带肋板。

(3) 根据等代空间桁架法计算上弦板的等代杆件的截面积

$$A_{id} = \eta \beta_i \delta l_i \quad (i = 1, 4) \quad (2)$$

$$\beta_1 = 3(3\lg\theta - \lg\theta)/8$$

$$\beta_2 = 3(3\lg\theta - \lg\theta)/8$$

$$\beta_3 = \beta_4 = 3/8\sin 2\theta$$

其中: η 为混凝土材料的泊松比修正系数,近似取为 0.825; δ 为上弦板厚度;各参数意义如图 1(a)所示。

板的等代面积加上加劲肋的面积就得到了等代桁架的上弦杆件截面积。

(4) 根据上弦板和面层构造施加结构静荷载和活荷载及结构约束。利用 MSTCAD“结构分析计算”模块的“满应力”分析功能对结构进行计算和杆件配置。

(5) 根据等代面积,利用 MSTCAD 的“CAD 前处理”模块的“修改-综合信息-截面型号”功能增加相应的矩形截面。

(6) 利用 MSTCAD 的“CAD 前处理”的“其它-杆件属性”功能将上弦杆件的截面号修改为等代杆件对应的截面,将材料定义为混凝土,并选定合适的混凝土等级,利用“结构计算分析”模块的“验算不调整”进行计

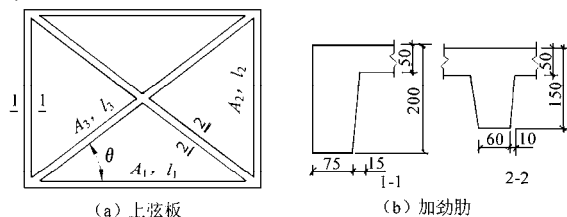


图 1

算分析,在“结果显示”中增加超应力杆件的截面,重新验算至全部杆件满足应力要求为止。

(7)根据上弦等代杆件的内力,利用刚度分配法得到上弦板和加劲肋的内力,校核上弦板和加劲肋是否满足应力要求。最后,对上弦板和加劲肋进行配筋。

三.设计示例

组合网架平面尺寸为 $25\text{ m} \times 20\text{ m}$,网格数 10×8 ,选用的钢管截面分别为 60×3.5 , 75×3.75 , 89×4.0 , 114×4.0 , 140×4.0 , 159×5.0 , 159×7.0 , 180×8.0 , 180×10.0 , 219×10.0 ,结构活载为 3.5 kN/m^2 ,上弦板材料选用 C30 混凝土。

取上弦板的厚度为 5 cm ,可以得到上弦板的等代杆件面积 $A_1 = A_2 = 773.4\text{ cm}^2$, $A_3 = 567.0\text{ cm}^2$ 。计算结果表明,不设加劲肋的上弦板能满足整体受力的要求,但四角支承的混凝土薄板的跨中局部弯曲压应力达 28.6 N/mm^2 ,难以满足使用要求。如图 1(b)设计加劲肋,计算得到上弦板的最大压应力为 9.66 N/mm^2 ,有效地降低了上弦板的局部弯曲内力。整体受力时,上弦平面主要承受压力,加劲肋仅承受不到 $1/4$ 的荷载,但加劲肋能使上弦板的局部弯曲应力降至原来的 $1/3$ 。先对结构进行满应力分析,然后在 MSTCAD 的前处理模块中增加两种 200×510 , 200×318 矩形截面,实际采用的上弦等代杆件面积为 $1\,020\,636\text{ mm}^2$,在“杆件属性”中将上弦的杆件截面号作相应调整,并将所有上弦杆件的材料更改为 C30 混凝土,然后利用“验算不调整”模块进行分析。在“结果显示”中可以发

现下弦杆件的内力有所增加,但没有发现超应力杆件。

组合网架的用钢量为 13.15 t ,在相同荷载作用下的普通网架的用钢量为 20.64 t 。可见,组合网架具有较好的刚度和良好的经济指标。

四.结语

利用网架规程介绍的等代空间桁架法设计组合网架具有较高的精度。组合网架的受压区(上弦板)可能承受一定的负弯矩,因而上弦板的配筋除要满足构造要求外,尚需满足拉力要求。上弦板的加劲肋对组合网架的整体受力贡献不大,但能明显提高其局部抗弯能力。组合网架适合周边简支或四角支承的结构,此时,上弦板主要承受正弯矩。对多点支承的结构或中间局部开孔的结构,由于上弦平面需要承受较大的正弯矩,因而不适合采用组合网架,必须采用不连续的上弦钢筋混凝土平板和不贯通的下弦杆,此时,多点支承的组合网架实际上分解为多个单跨四角支承的组合网架,跨中弯矩比连续时大。

值得一提的是,考虑组合网架上弦板面层的作用后,上弦板的刚度增大,结构位移减小,下弦杆件内力增大,因此忽略面层影响并不能保证结构偏于安全。

参 考 文 献

1. 董石麟,杨永革.网架-平板组合结构简化算法(上)(下).建筑结构学报,1995,(4),(5).
2. 董石麟,严慧,马克俭等.组合网架结构与空腹网架结构.浙江大学出版社,1992.
3. 网架结构设计与施工规程(JGJ7—91).中国建筑工业出版社,1992.