

基于 matlab 的起重机桁架结构有限元分析

1.研究背景

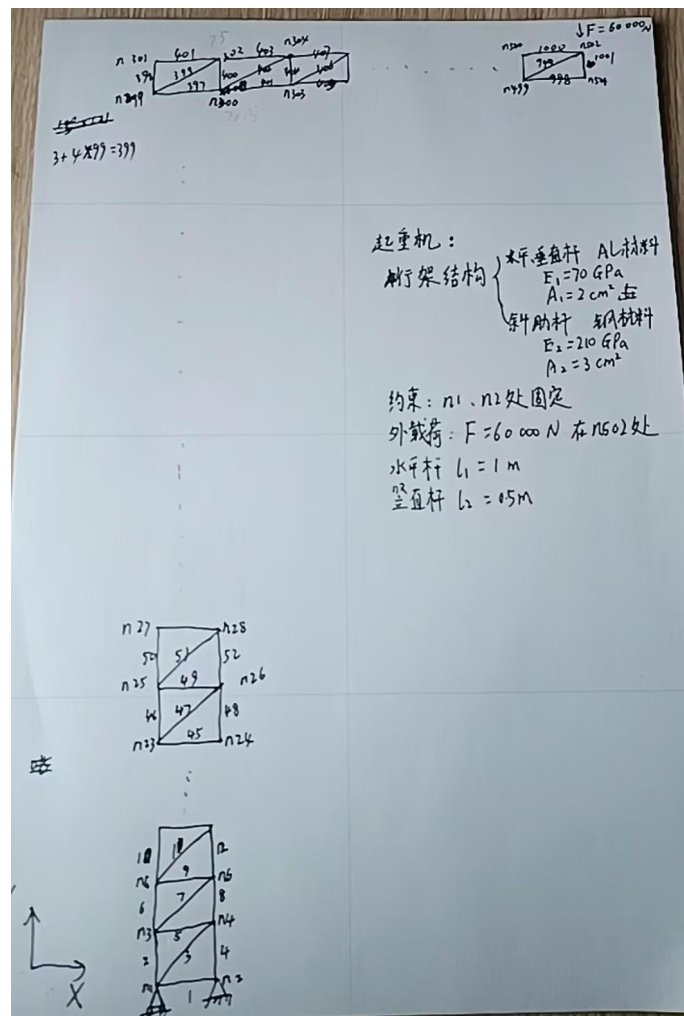
随着国民经济的发展和施工方式的改变,起重机械被广泛应用于各个领域。桁架结构不仅自重轻、刚度好、抗弯性能好,受力也更合理,所以被广泛应用于各类起重机的臂架系统。

为了满足各种使用要求,桁架臂结构向着大型、高耸、轻柔的方向发展,变得越来越“细长”,使得臂架在强度破坏前往往会由于变形过大发生失稳,其稳定性问题变的日益严峻。且由于臂架的失稳往往发生的更突然,也更隐蔽,所以造成的破坏程度也更大。因此,对起重机桁架臂的稳定性进行分析,可以为设计提供依据,具有重要的实际意义。

2.有限元模型建模

2.1 模型基本参数

起重机的桁架结构的垂直和水平部分由铝制成(杨氏模量 $E=70\text{ GPa}$, 横截面为 2 cm^2), 水平杆长 1 m , 竖直杆长 0.5 m 。对角桁架构件由钢制成(杨氏模量 $E=210\text{ GPa}$, 横截面为 3 cm^2), 如图所示, 结构承受荷载 $P=60000\text{ N}$, 作用在 $n502$ 处。假设两个支撑节点固定(即 x 和 y 位移为 0)。求解各杆的所受应力。



2.2 模型单元和节点编号

进行有限元分析之前，第一步就是要对单元及节点进行编号，2.1节所示的图展示了对单元和节点的具体编号，顺序为“从左到右，从上到下”。

为了方便后续程序的读取调用，需要用将上述信息录入到 Excel 表格中，并且还需要包含一些关于单元和节点的其他信息，部分信息如下图所示。

	A	B	C	D	E	F	G
1	节点编号	x坐标(m)	y坐标(m)	x方向荷载(N)	y方向荷载(N)	x方向是否固定	y方向是否固定
2	1	0	0	0	0	1	1
3	2	1	0	0	0	1	1
4	3	0	0.5	0	0	0	0
5	4	1	0.5	0	0	0	0
6	5	0	1	0	0	0	0
7	6	1	1	0	0	0	0
8	7	0	1.5	0	0	0	0
9	8	1	1.5	0	0	0	0
10	9	0	2	0	0	0	0
11	10	1	2	0	0	0	0
12	11	0	2.5	0	0	0	0
13	12	1	2.5	0	0	0	0
14	13	0	3	0	0	0	0
15	14	1	3	0	0	0	0
16	15	0	3.5	0	0	0	0
17	16	1	3.5	0	0	0	0
18	17	0	4	0	0	0	0
19	18	1	4	0	0	0	0
20	19	0	4.5	0	0	0	0
21	20	1	4.5	0	0	0	0
22	21	0	5	0	0	0	0
23	22	1	5	0	0	0	0
24	23	0	5.5	0	0	0	0
25	24	1	5.5	0	0	0	0

	A	B	C	D	E
1	单元编号	单元起始节点编号	单元终端节点编号	单元刚度(Pa)	单元截面面积(m2)
2	1	1	2	7.00E+10	2.00E-04
3	2	1	3	7.00E+10	2.00E-04
4	3	1	4	2.10E+10	3.00E-04
5	4	2	4	7.00E+10	2.00E-04
6	5	3	4	7.00E+10	2.00E-04
7	6	3	5	7.00E+10	2.00E-04
8	7	3	6	2.10E+10	3.00E-04
9	8	4	6	7.00E+10	2.00E-04
10	9	5	6	7.00E+10	2.00E-04
11	10	5	7	7.00E+10	2.00E-04
12	11	5	8	2.10E+10	3.00E-04
13	12	6	8	7.00E+10	2.00E-04
14	13	7	8	7.00E+10	2.00E-04
15	14	7	9	7.00E+10	2.00E-04
16	15	7	10	2.10E+10	3.00E-04
17	16	8	10	7.00E+10	2.00E-04
18	17	9	10	7.00E+10	2.00E-04
19	18	9	11	7.00E+10	2.00E-04
20	19	9	12	2.10E+10	3.00E-04
21	20	10	12	7.00E+10	2.00E-04
22	21	11	12	7.00E+10	2.00E-04

2.3 桁架单元刚度矩阵的构建与全局刚度矩阵的装配

根据基础有限元知识，要求出每一个单元对应的局部刚度矩阵 k_e ，通过变换矩阵，转换成全局的单元刚度矩阵，其计算公式为：

$$[K^{(e)}] = k_e \begin{bmatrix} c^2 & sc & -c^2 & -sc \\ sc & s^2 & -sc & -s^2 \\ -c^2 & -sc & c^2 & sc \\ -sc & -s^2 & sc & s^2 \end{bmatrix}$$

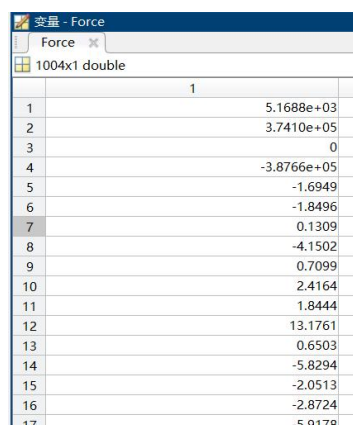
之后，还需要将每个全局的单元刚度矩阵装配到一个总的刚度矩阵之中，其规则为根据每个单元的起始和终端编号，找到装配矩阵的对应位置，将其填入其中。如若存在单元矩阵重叠的情况，则让其相加。

2.4 求解桁架位移以及单元固定支反力

在本节中首先要求解出节点位移，对于刚度矩阵需要分解一下，筛选出非固定节点对应的刚度矩阵，且外载已经给出，可以反解出非固定节点对应的位移。

$$\begin{bmatrix} K_{cc} & K_{ca} \\ K_{ac} & K_{aa} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} U_c \\ U_a \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} F_c \\ F_a \end{Bmatrix}$$

3. 有限元计算结果



	1
1	5.1688e+03
2	3.7410e+05
3	0
4	-3.8766e+05
5	-1.6949
6	-1.8496
7	0.1309
8	-4.1502
9	0.7099
10	2.4164
11	1.8444
12	13.1761
13	0.6503
14	-5.8294
15	-2.0513
16	-2.8724
17	-5.9178