

文章编号:1007-6492(1999)01-0088-03

# ZJG 60 型桩架主体结构的有限元分析

赵建国<sup>1</sup>, 王慧基<sup>2</sup>, 王庆海<sup>3</sup>, 王玉钟<sup>4</sup>

(1. 郑州工业大学机械与电子工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州勘察机械厂, 河南 郑州 450007; 3. 河南省机械工业学校, 河南 郑州 450002; 4. 河南省科学院地理研究所, 河南 郑州 450052)

**摘 要:** 对 ZJG 60 型桩架主体结构进行力学性能分析, 根据桩架结构实际结构特点, 将桩架主杆、侧面斜撑、平撑和顶梁模拟为空间梁单元, 前、后立面斜撑模拟为空间桁架单元, 利用有限元法, 研究其在承受设计最大荷载时的强度、稳定性及变形情况。经强度、稳定性和变形验算, ZJG 60 型桩架主体满足设计要求, 且有较大富余, 所得结果可为该型号桩架定型设计提供参考。

**关键词:** 桩架; 有限元法; 强度; 稳定性; 变形

**中图分类号:** TU 312

**文献标识码:** A

## 0 引言

ZJG 60 型桩架是与 QJ 250 型钻机匹配的大型桩架, 该桩架主要由底盘、塔架、顶部行走小车 3 部分组成, 塔架为四脚桁架式, 四支脚采用销联接, 固定在底盘的下盘上, 桩架立体由 4 根主杆, 若干斜撑、平撑和顶梁组成, 桩架高 11 m, 底框平面尺寸 3.3 m × 3.1 m, 顶框平面尺寸 3.1 m × 0.57 m, 设计承受最大载荷 600 kN, 桩架结构几何简图如图 1 所示(其中  $Q$  为载荷)。为了确保桩架安全使用, 对其主体结构进行力学性能分析, 研究桩架在承受设计最大荷载时的强度、稳定性及变形情况。

## 1 分析方法

采用有限元法对桩架进行分析计算, ZJG 60 型桩架是弦杆连续的空间刚一桁架结构, 根据桩架结构实际结构特点, 将桩架主杆、侧面斜撑、平撑和顶梁模拟为空间梁单元, 前、后立面斜撑模拟为空间桁架单元。将 ZJG 60 型桩架划分为 35 个结点, 56 个空间梁单元, 10 个空间桁架单元, 共计 198 个自由度。桩架结点及单元编号见图 2, 其中,  $i$  表示结点编号,  $(i)$  表示空间梁单元编号,  $\textcircled{i}$  表示空间桁架单元编号。

采用大型结构分析程序 SAP 5<sup>[1]</sup> 对 ZJG 60 型桩架进行有限元分析, 组集刚度矩阵及荷载列阵, 可以得到桩架结果分析的有限元方程为

$$[K]\{u\} = \{F\}. \quad (1)$$

由式(1)可求出桩架的变形, 进而求出桩架的内力, 进行桩架力学性能分析。

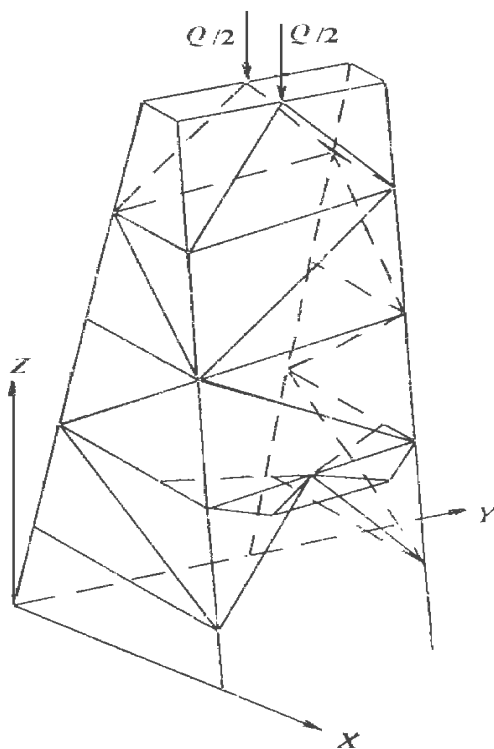


图 1 ZJG 60 型桩架结构几何图

## 2 计算结果分析<sup>[2]</sup>

当 ZJG 60 型桩架承受 600 kN 设计荷载时,

收稿日期:1998-05-29; 修订日期:1998-10-20

作者简介:赵建国(1964—),男,河南省扶沟县人,郑州工业大学讲师,主要从事工程图学研究。

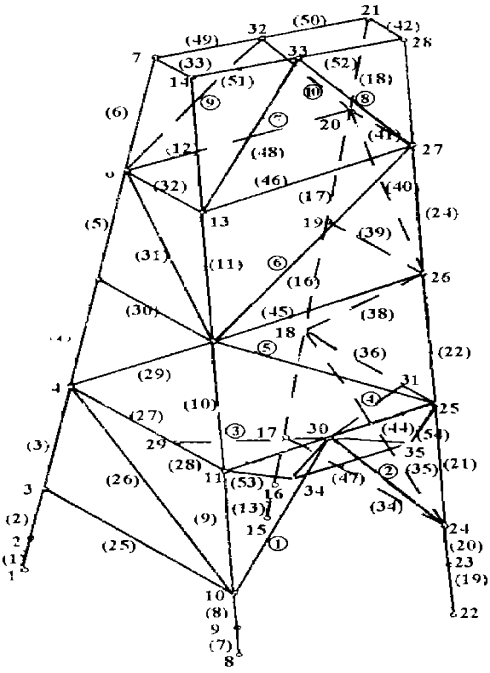


图 2 ZJG 60 型桩架结点及单元编号图

利用 SAP 5 程序计算, 计算机输出桩架各个结点 3 个平动位移和 3 个转动位移, 各个杆件所承受的轴向力和弯矩。通过计算可以看出, 桩架主杆最大水平 X 方向位移 (18 结点) 为 0.6 mm, 最大水平 Y 方向位移 (13 结点) 为 0.7 mm, 桩架顶外支梁中腹 (即 33 结点) 处竖向最大位移 (最大挠度) 为 2.6 mm; 主杆最大轴向力为 151.2 kN ((1), (2), (19), (20) 单元), 主杆最大弯矩为 52.96 kN·m ((51), (52) 单元); 水平撑杆 48 单元的水平拉力为 96.5 kN, 斜向撑杆单元的压力为 145 kN。根据文献 [3] 的规定, 验算 ZJG 60 型桩架的强度、稳定性和变形时, 取 3 号钢设计强度  $f = 200 \text{ MPa}$ 。

(1) 最大受力斜撑强度与稳定性

斜杆 ⑨ 承受最大轴向压力为  $N = 145 \text{ kN}$ 。强度:

$$\text{计算值 } \sigma = \frac{N}{A_u} = 71.23 \text{ N/mm}^2 < f_s,$$

由规范第 5.1.1 条知, 斜杆强度满足要求。

稳定性:

$$\text{计算值 } \sigma = \frac{N}{\varphi_A} = 91.32 \text{ N/mm}^2 < f,$$

斜撑压杆欧拉临界力  $N_{CT} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} = 995 \text{ kN}$ , 远远超过设计最大荷载在斜撑杆中产生的内力 145 kN。

由规范第 5.1.2 条知, 斜杆稳定性满足要求。

(2) 最大受力主杆压弯杆件强度与稳定性  
承受最大静力荷载的主杆强度

$$\frac{N}{A_n} \pm \frac{M_x}{\gamma_x W_{nx}} \pm \frac{M_y}{\gamma_y W_{ny}} = 27.42 \text{ N/mm}^2 < f,$$

由规范第 5.2.1 条知, 主杆强度满足要求。

最大弯矩作用平面内的稳定性验算 (1~6 结点主杆)

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{lx} \left[ 1 - 0.8 \frac{N}{F_{N_{Ex}}} \right]} = 49.27 \text{ N/mm}^2 < f.$$

最大弯矩作用平面外的稳定性验算 (1~6 结点主杆)

$$\frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{tx} M_x}{\varphi_x W_{lx}} = 29.48 \text{ N/mm}^2 < f.$$

由规范第 5.2.2 条知, 最大受力主杆强度、稳定性均满足要求。

(3) 根据各杆件几何特征和计算内力, 按受压杆的欧拉临界荷载计算, 桩架整体稳定受主杆 (1~5 单元和 13~17 单元) 近 Y-Z 平面失稳控制, 偏安全按两端铰接压杆计算, 其欧拉临界力约为 1116 kN, 远远超过设计最大荷载在这两根主杆中产生的内力 151.2 kN, 整体稳定满足要求。

(4) 主杆最下端结点 1 强度

$$\text{计算值 } \frac{N}{A} = 74.2 \text{ N/mm}^2 < f,$$

满足强度要求。

(5) 侧面斜撑与主杆连接处强度验算

规范第 10.0.7 条规定, 为保证结点处主管的强度, 支管的轴力不得大于下列规定中的承载力设计值 (计算中偏安全取  $\Psi_n \approx 1$ )。

① T 型受压支管 (图 3) 在管节点处的承载力设计值为

$$N_c^{pj} = \frac{12.12}{\sin \theta} \left( \frac{d}{t} \right)^{0.2} \Psi_n \Psi_d^2 f \approx 83.5 \text{ kN}.$$

② K<sub>1</sub> 型受压支管 (图 4) 在管节点处的承载力设计值为

$$N_c^{pj} = \frac{12.12}{\sin \theta} \left( \frac{d}{t} \right)^{0.2} \Psi_a \Psi_d \Psi_t^2 f \approx 115.3 \text{ kN},$$

受拉支管在管节点处的承载力设计值应按下式计算为

$$N_c^{pj} = \frac{\sin \theta}{\sin \theta} N_c^{pj} \approx 115.3 \text{ kN},$$

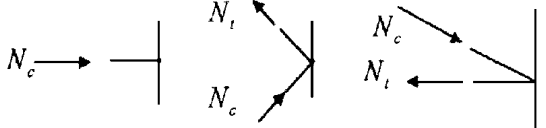


图 3 T 型受压支管受力图

图 4 K<sub>1</sub> 型支管受力图

图 5 K<sub>2</sub> 型支管受力图

③K<sub>2</sub> 型支管(图 5)在管节点处的承载力设计值  $N_c^{pj} \approx 192.9\text{kN}$

受拉支管在管节点处的承载力设计值  $N_c^{pj} \approx 123.2\text{kN}$ .

从计算结果可以看出,计算值均小于上述设计值,所以斜撑与主杆连接处强度满足要求.

(6) 根据规范第 3.3.2 条结构变形的规定,主杆侧向弯曲不宜大于  $L/400=27.5\text{ mm}$ , 桩架顶部外支梁变形容许挠度为  $L/750=4.4\text{ mm}$ , 按设计最大荷载 600kN 计算,主杆最大水平位移为 0.7 mm,外支梁最大挠度为 2.6 mm,满足规范第 3.3.2 条要求.

(7) 结构整体变形分析

当桩架承受 600kN 的设计荷载时,从结构变形图可以看出,桩架结构总体以压缩变形(沿 Z 轴负方向)为主,伴随有侧面整体向后(沿 X 轴负方向)偏移,立面有向左(沿 Y 轴负方向)偏移.

3 结 论

(1) ZJG 60 型桩架经强度、稳定性和变形验算,主体满足设计要求,且有较大富余.

(2) ZJG 60 型桩架破坏形式为水平撑杆断开(如 46),(48)单元)或斜撑杆(如 ⑦,⑧,⑨,⑩单元)断开造成桩架顶部外支梁变形过大并丧失功能要求.

(3) 以上计算结果是在节点焊缝和联接螺栓可靠的前提下得到的,只有保证焊缝和螺栓的强度才能确保桩架结构的安全.

参考文献

[ 1 ] 李润方,王建军.结构分析程序 SAP 5 原理及其应用 [M] .重庆:重庆大学出版社,1992.144—192.  
[ 2 ] 陈 骥.钢结构稳定理论与应用 [M] .北京:科学技术文献出版社,1994.24—92.  
[ 3 ] GBJ 17—88,钢结构设计规范 [S] .

Finite Element Analysis of ZJG60 Type Pile's Main Structure

ZHAO Jian -guo<sup>1</sup>, WANG Hui -ji<sup>2</sup>, WANG Qing -hai<sup>3</sup>, WANG Yu -zhong<sup>4</sup>

(1.College of Mechanical & Electronic Engineering ,Zhengzhou University of Technology ,Zhengzhou 450002,China ; 2. Zhengzhou Machinery Works of Reconnaissance ,Zhengzhou 450007,China ; 3.Henan Machinery Technical School ,Zhengzhou 450027,China ; 4.Institute of Geography ,Henan Academy of Science ,Zhengzhou 450052,China)

**Abstract** In this paper the mechanical capability of the pile -driver main body of ZJG 60 type was analyzed .According to the practical structural characteristic of the pile -driver analogue of the main pole side -ward sprag level sprag and top beam of the pile -driver were elements of space beam and analogue of front and back sprag was space truss element .Using the finite element method the intensity stableness and deformation of the pile -driver bearing the greatest desing load were studied .After checking on intensity stable -ness and deformation of the pile -driver the design of the pile -driver main body of ZJG 60 type was up to the design requirements the result can provide reference for the model design of this type .

**Key words** pile -driver ; finite element method ; strenght ; stability ; distortion