

利用 ABAQUS 程序分析勘探二号海洋平台

任艳荣¹ 刘玉标² 王书河³

(1. 北京建筑工程学院基础部, 北京 100044; 2. 中科院力学研究所, 北京 100080; 3. 北京航空航天大学, 北京 100083)

摘要: 利用美国 HKS 公司的 ABAQUS 有限元计算程序, 对勘探二号海洋平台进行受力分析。在计算中, 采用三维弹塑性铰单元来模拟桩靴与地层之间的相互作用, 并与传统设计方法进行比较, 取得了较好结果。

关键词: 海洋平台, 有限元, 桩靴, 铰单元

1 引言

勘探二号^[1]的船体由平台底、机械甲板、主甲板、平台底台板、纵舱壁、横舱壁、强横梁、纵骨和竖向支撑构件组成。CCS 曾用 5358 个板单元、4221 个梁单元来对南海一号船体进行过非常详尽的模拟, 这种做法势必影响桩腿计算结果的精度。众所周知, 从纯结构强度来讲, 对自升式钻井装置, 平台整体安全完全由桩腿决定, 船体强度对平台整体安全没有决定性的影响。同时, 勘探二号的船体长期以来得到很好的维护, 船体结构不会出现强度安全问题。因此本次计算对船体进行了适当简化。

2 平台模型简化及结构特性参数

2.1 平台模型简化

本次计算将船体进行了适当简化, 将平台船体实际结构模拟为一层空间钢架, 钢架与桩腿的联结是固结, 钢架单元采用三维线性梁单元, 共有 52 个梁单元, 其中梁单元没有质量, 平台质量是用集中质量单元来实现的, 共有 33 个质量单元, 结构如图 1 所示。在进行简化时, 船体的重量及其上部荷载按实际分布加到空间钢架上并传递到桩腿上。加集中载荷时, 船体重量根据所计算的重心将载荷分配到空间钢架的 33 个结点上, 点质量也是如此。



图 1 平台结构图

2.2 结构特性参数

该平台是一座全钢制平台, 各个构件的截面特性和材料特性见表 1。

表 1 结构特性参数

构件名称	材料特性			
	材料密度 (kg/m^3)	弹性模量 (N/m^2)	泊松比	
桩腿	7800	210E9	0.3	
水平撑	7800	210E9	0.3	
斜撑	7800	210E9	0.3	
钢架	认为无质量	210E10	0.3	

作者简介: 任艳荣 (1973-), 女, 山东人, 博士, 讲师, 主要从事岩土力学和海洋工程的研究。

刘玉标 (1961-), 男, 湖南人, 副研, 从事海洋工程和振动工程研究

王书河 (1971-), 男, 山东人, 博士生, 从事多学科设计优化研究

3 结构的自振特性

3.1 弹塑性铰单元

现有的一些海洋工程专用计算软件如 SACS、StruCAD*3D^[2] 等在处理桩靴的有限元模拟时均根据经验选取桩腿固支，其嵌固点取泥线以下桩径 6 倍的距离。这种经验性的做法极大地简化了结构模型，给计算带来了很大的方便，但也可能影响结构动力计算和疲劳损伤估计结果的精度，为考察这种处理方式对结果的影响，本次计算将进行比较。ABAQUS^[3] 计算自升式钻井平台有专门的处理技术，用弹塑性铰单元 JOINT2D 和 JOINT3D 来模拟桩靴与地层之间的相互作用。

弹塑性铰单元的示意图如图 2 所示。

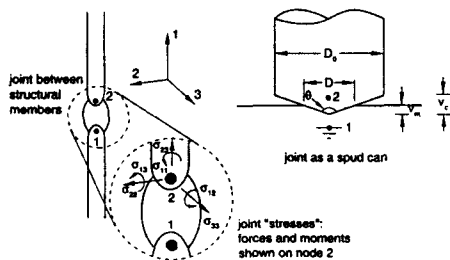


图 2 弹塑性铰单元示意图

其中： D_0 - 柱体部分的直径

D - 海床表面的 Spud can 的有效直径

θ - 锥形部分的平面角

3.2 结构的自振特性：

根据所建立的模型，可以求得在渤海、南海、东海三种海域，结构的自振特性（前三阶）如下：

表 2 平台在作业状态下的自振特性（有 Spud Can）

海域	渤海		南海		东海	
	特征值	频率 (HZ)	特征值	频率 (HZ)	特征值	频率 (HZ)
一阶	6.5277	0.40663	2.3889	0.24599	1.2867	0.18053
二阶	6.5977	0.40887	2.4161	0.24739	1.3017	0.18518
三阶	7.1153	0.42454	2.6108	0.25716	1.4089	0.18891

表 3 平台在作业状态下的自振特性（无 Spud Can）

海域	渤海		南海		东海	
	特征值	频率 (HZ)	特征值	频率 (HZ)	特征值	频率 (HZ)
一阶	5.2405	0.36309	2.0233	0.22633	1.1234	0.16869
二阶	5.2631	0.36512	2.0456	0.22763	1.1367	0.16968
三阶	5.6720	0.37904	2.2100	0.23660	1.2302	0.17653

表 4 Spud Can 按 6 倍桩径处理带来的误差

海域	渤海	南海	东海
一阶	10.7%	7.9%	6.4%
二阶	10.7%	7.9%	8.37%
三阶	10.7%	7.9%	6.5%

从以上的结果中可以看出，差别还是很大，从而说明传统设计方法存在着一定的缺点。因此用弹塑性铰单元来模拟桩靴与地层之间的相互作用，能够得到良好的结果。

4 有限元网格划分

根据所采取的模型，平台桩腿、甲板简化后的钢架、水平撑和斜撑均离散化为三维梁单元，其中梁单元共有 1291 个，桩腿单元为 1239 个，钢架梁单元为 52 个，质量单元为 33 个。有限元模型见图 1。

5 设计载荷和边界条件

5.1 设计载荷

由于平台的工作地点设在浅海地区,因此波、流、风荷载是主要载荷。根据中华人民共和国船级社《海上固定平台入级与建造规范》^[4]所规定的参数的选取原则来进行计算。此外,在平台的甲板上还作用有设备载荷。同时在计算中也考虑了构件的重力的影响,只要输入与重力有关的参数,就可以由 ABAQUS 程序自动计算其大小。

5.2 边界条件

有限元模型的边界条件取为:底部边界为固支,见图 3。

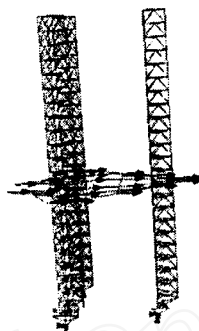


图 3 载荷位置和边界条件图

6 计算结果分析

6.1 位移变形分析

经过计算,可以得到如下图所示的结果。

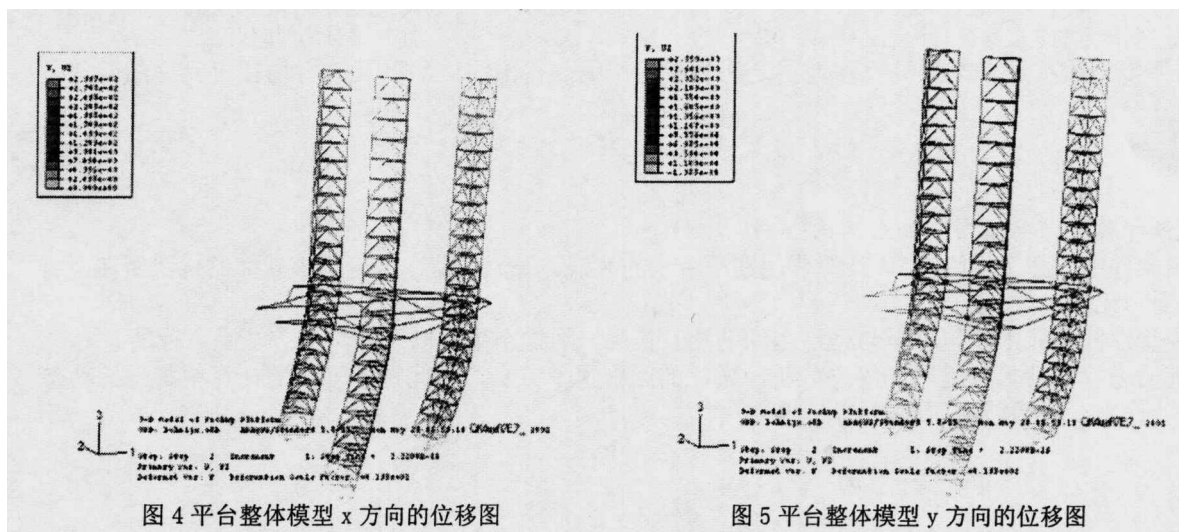


图 4 平台整体模型 x 方向的位移图

图 5 平台整体模型 y 方向的位移图

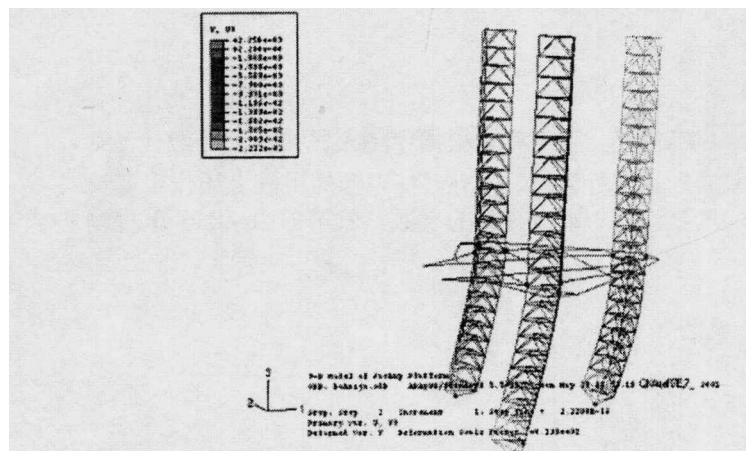


图 6 平台整体模型 z 方向的位移图

6.2 应力强度分析

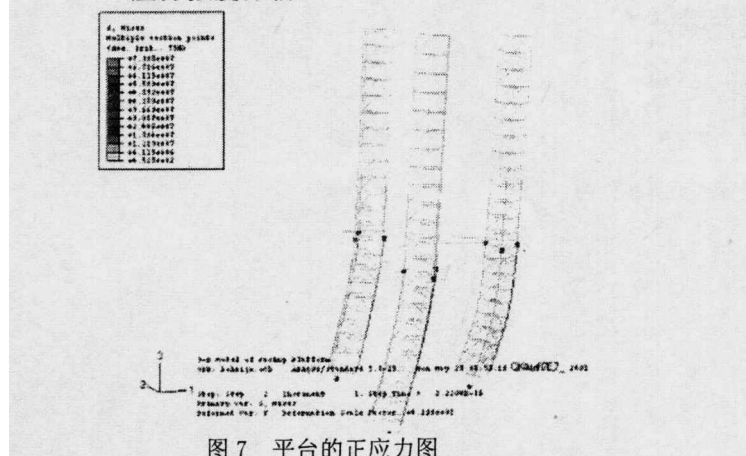


图 7 平台的正应力图

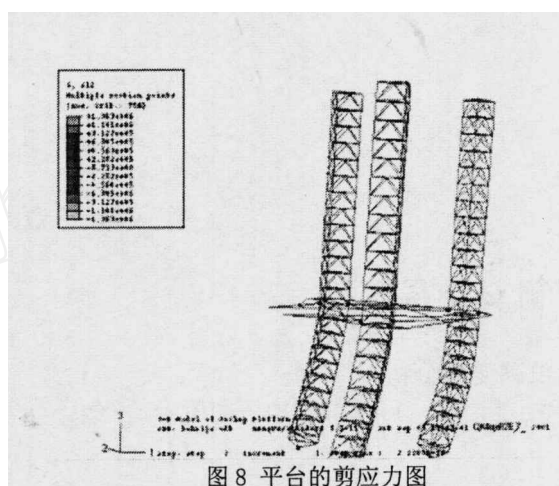


图 8 平台的剪应力图

通过用弹塑性铰单元来模拟桩靴和地层之间的相互作用，得出的位移以及应力均在可允许的范围之内。

7 结论

从上面的计算中，可以得到如下结论：

1. 采用软件中的海工模块 AQUA 计算作用在平台上的波浪、海流载荷，这也是该软件的优势所在，从计算结果来看，比较良好。
2. 用弹塑性铰单元来模拟桩靴与地层之间的相互作用，通过结果可以看出，该方法是可行的。
3. 目前所进行的计算只是限于静态分析，考虑的因素也不完全，因此在下一步的计算中将考虑动态的波流载荷的作用，希望能有所改进。

参考文献

- [1] 南海一号钻井平台结构计算模型说明和模型图，内部报告[M]，1998.
- [2] StruCAD 3D 手册[M]，Ver3.61.
- [3] ABAQUS/Standard user's manual[M]，1998.
- [4] 中国船级社《海上移动平台入级与建造规范》[M]，1992.