

海工吊底座及相关加强结构的有限元分析

何荣福, 章仲夏

(南通中远船务工程有限公司 海工研发中心, 江苏 南通 226006)

摘 要:文章基于有限元建模软件 FEMAP 和后处理分析软件 NASTRAN,对圆筒型钻井平台的海工吊底座及相关结构进行了分析建模,并按照 8 个工况对模型进行了加载,对其屈服强度、屈曲强度进行了校核,并进行了疲劳评估,具有一定的参考价值。

关键词:圆筒型钻井平台;海工吊;有限元分析

中图分类号:U674.38

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2017)03-0040-04

0 引言

随着人类对油气资源开发利用的深化,油气勘探开发从陆地转入海洋,随之出现了自升式平台、半潜式平台等海洋结构物。圆筒型钻井平台作为其中一种稳性好和舒适度高的平台受到一些石油公司的青睐。海工吊作为钻井平台的关键设备之一,对其底座及相关加强结构进行强度和疲劳分析,是必不可少的工作之一。^[1-2] 本文将对某圆筒型钻井平台海工吊底座及相关加强结构进行强度分析和疲劳校核,以保障其安全性。

1 有限元模型的建立

1.1 结构概述

该圆筒型钻井平台有两台海工吊,左右舷各一台,本文的海工吊底座及加强结构位于平台的左舷。考虑边界条件影响,合理选取该海工吊底座及加强结构的有限元模型范围,具体如下所述:船长 X 轴方向从距离船中 10 605 mm 处结构至圆筒型外板,船宽 Y 轴方向从距离船中 22 296 mm 处结构至圆筒型外板,高度 Z 轴方向从距基线 28 500mm 处结构至海工吊底座与吊的连接处,具体如图 1 所示。

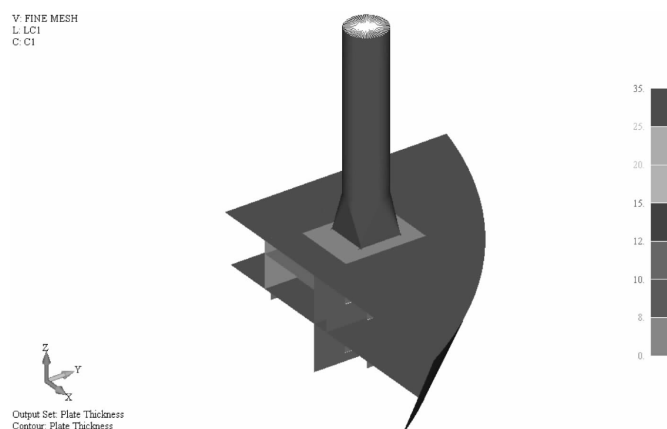


图 1 有限元模型(范围、板厚及网格大小)

1.2 模型的建立

有限元模型用 FEMAP 软件建立,模型中的甲板板、舱壁及吊的底座用板单元模拟,工字钢的腹板和面

收稿日期:2017-01-15

作者简介:何荣福(1982—),男,福建龙岩人,南通中远船务工程有限公司海工研发中心助理工程师。

板分别用板单元和杆单元模拟,球扁钢用等效的板单元及杆单元模拟。模型的板厚及型材尺寸完全按照实际尺寸,疲劳敏感区域的网格大小为板厚 \times 板厚,过渡区域的网格大小为200 mm \times 200 mm,其余位置的网格大小为骨材间距 \times 骨材间距,具体如图1所示。

2 边界条件

边界条件的选择以不影响模型的计算结果为原则,高度方向在模型下端(据基线28 500 mm处)采用简支固定,船长X和船宽Y方向分别采用Y向及X向对称约束固定,具体如图2所示。

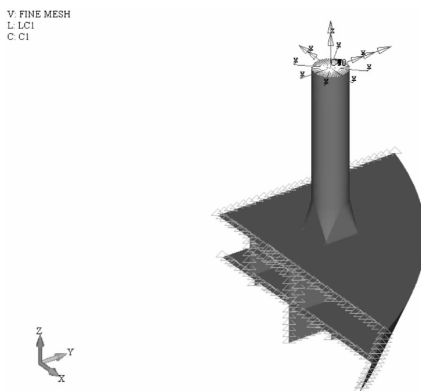


图2 有限元模型的边界条件

3 载荷工况

3.1 设计载荷

该海工吊与底座连接处的设计载荷来自设备厂家提供的船级社认可的支反力结果,具体数值如表1所示。

表1 基础设计载荷

水平力/kN	垂直力/kN	回转弯矩/kN·m	扭转弯矩/kN·m
370	-3 200	47 000	7 100

3.2 模型加载

考虑吊底座筒体的对称特性,采用刚性单元传递载荷(如图3所示)和分别按0°、45°、90°、135°、180°、225°、270°和315°角度方向(8个载荷组合工况,分别对应工况1到工况8)进行加载。结构的自重及惯性力通过软件设置自动生成。根据相关规范,极限工况下屈服和屈曲强度的设计载荷安全系数为1.3,疲劳工况下疲劳强度的设计载荷安全系数为1.0。

4 结果计算

4.1 屈服强度

根据挪威船级社规范,屈服强度的接受衡准如式(1)所示。

$$\sigma \leq F_y / \gamma_M = 355 / 1.15 = 309 \text{ MPa} \quad (1)$$

同时,根据相关规范,在高强度钢材料结构(屈服强度为355 MPa)应力集中连接节点处的可接受的极限应力值与网格大小相关,不大于50 mm的网格结构连接处的应力可接受衡准为 $355 \times 1.53 = 543.15 \text{ MPa}$ 。通过计算软件对8个载荷组合工况分别进行分析,可分别得出每种不同工况下的合成应力结果值和应力分布情况,通过比较发现最大的合成应力发生在工况8的肘板趾端,应力值为482 MPa(小于543.15 MPa),属于可接受范围。图3为工况8的整体模型应力云图,从色条中可以看出应力分布的范围值,图4为工况8的吊与甲板相连接处的肘板趾端局部放大云图,应力结果值可通过软件设置显示。

4.2 屈曲强度

屈曲强度校核的材料安全系数为1.15,也就是说接受衡准为0.87(1/1.15)。首先,进行甲板及加强筋的屈曲强度的校核。图5为工况3的分析结果,其甲板板压应力方向与原主要加强筋方向垂直,与后期增加的次要加强筋方向平行。根据查看有限元分析后处理结果中的压应力与构件的相对方向,选择该工况3中压

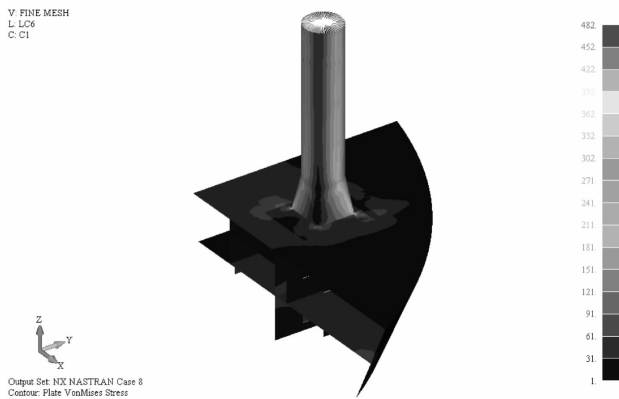


图3 整体模型应力云图-工况 8

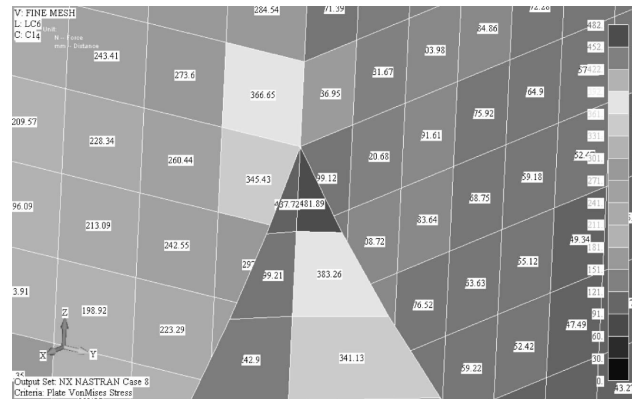


图4 局部应力结果(肘板趾端)-工况 8

应力最大的区域进行校核。校核结果如表 2 所示,计算得出最大利用系数为 0.84(小于 0.87),属于可接受范围。由此可见,靠近吊的底座的甲板板的压应力有可能对甲板结构产生破坏性的结果,因此必须对其进行必要的屈曲校核。

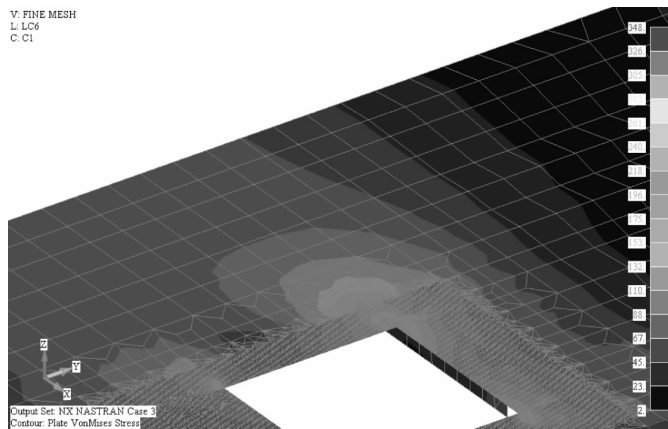


图5 甲板压应力云图-工况 3

其次,进行吊底座筒身及加强筋的屈曲强度校核。这部分校核应用船级社 NAUTICUS HULL 的计算软件 Buckling Strength of Shells,该软件的基础数据中已考虑了材料安全系数,即为 1.15。因此,可计算得出其吊底座筒身的利用系数为 0.918 和加强筋的利用系数为 0.841,也就是说其吊底座筒身的实际的利用系数为 0.798(0.918/1.15)和加强筋的实际的利用系数为 0.731(0.841/1.15),都小于 0.87,属于可接受范围,计算结果如表 3 所示。由此可见,吊底座筒身在作业过程中处于拉压状态,对其进行必要的屈曲校核变得尤为关键。

表 2 甲板屈曲强度校核

甲板板厚/mm	加强筋尺寸	骨材间距/mm	X 方向正应力/MPa	Y 方向正应力/MPa	XY 剪应力/MPa	最大利用系数
12	HP220×10 和 FB150×12	707	-6	78	6	0.84

表 3 吊底座筒身屈曲校核结果

屈曲校核汇总(Buckling Check Summary)							
屈曲模式 (Buckling modes)	f_{Ea}	f_{Em}	f_{Eh}	f_{Ez}	λ_s	$f_{l_{sd}}$	UF
筒体屈曲(Shell buckling)	1137.3	1214.0	176.6	513.3	0.272	307.9	0.918
筒体加强筋屈曲(Panel ring buckling)	-	-	601.2	-	0.726	122.7	0.814
							OK

4.3 疲劳评估

基于海工吊的起重能力和使用次数及不同结构连接形式,选取对应的疲劳主应力接受衡准为 294 MPa;通过运行二次开发的后处理模块(MajorPrn 和 MinorPrn),分别得出 8 个工况下的最大和最小主应力结果值,

具体如表 4 所示。

表 4 计算工况最大和最小主应力值

主应力 / mm	LC1	LC2	LC3	LC4	LC5	LC6	LC7	LC8
最大主应力 / MPa	219	281	259	269	239	282	229	267
最小主应力 / MPa	-271	-260	-272	-272	-251	-278	-273	-292

由此可见,在 8 个工况下该吊的底座及结构加强的疲劳主应力最高值出现在工况 8 为 292 MPa,小于 294 MPa,属于可接受范围。为了直观体现主应力的分布情况,图示以工况 8 的结果为例,整体模型最大主应力云图如图 6 所示,整体模型最小主应力云图如图 7 所示。从图中可以发现主应力的最大和最小值都出现在趾端。因此,趾端结构的连接节点设计一定要特别关注,尤其是建造过程中的焊接一定要根据规范中应力衡准的假设条件进行,以确保疲劳强度和计算使用年限。

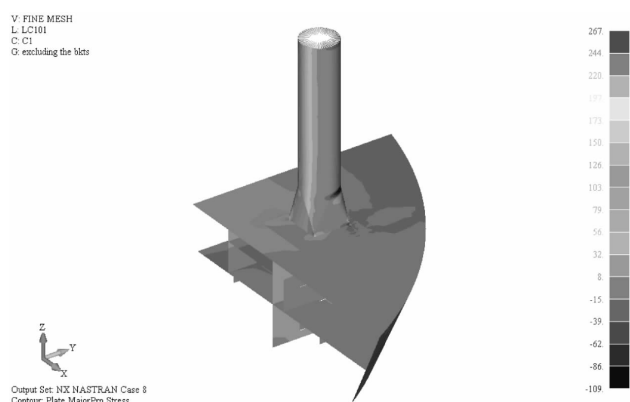


图 6 模型最大主应力云图-工况 8

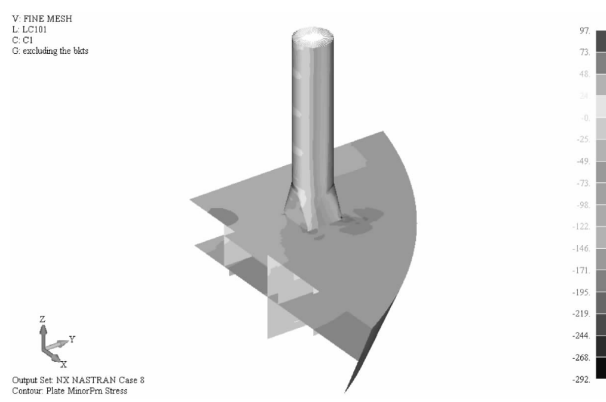


图 7 模型最小主应力云图-工况 8

5 结束语

本文对海工吊的底座及相关结构加强进行屈服和屈曲强度的校核和疲劳强度的评估,以合理选择结构连接形式,确保其底座及相关结构的屈服应力、屈曲校核和疲劳强度计算结果都不超过规范的接受衡准范围,使其能满足百年一遇极限工况强度要求,并能满足疲劳节点 20 年的设计和使用年限要求。本文的方法可为圆筒型钻井平台的结构设计提供可靠参考,能够进一步保障平台结构的完整性及作业人员的安全。

参考文献:

- [1]王立军,谢永和.克令吊底座强度有限元分析及结构优化[J].浙江海洋学院学报(自然科学版),2007(1):91-94.
- [2]王凯,蔡力山.139 m 甲板运输船克令吊底座强度有限元分析[J].中国水运月刊,2011(11):115-117.

Finite Element Analysis of Offshore Crane Base and Relevant Reinforcement Structure

HE Rong-fu, ZHANG Zhong-xia

(Marine Engineering Research and Development Center, COSCO Nantong Shipyard Co. Ltd.,
Nantong 226006, China)

Abstract: Combined with FEMAP, a finite element modeling software, and NASTRAN, a post-processing and analysis software, this article makes an analysis and modeling of the offshore crane base and relevant reinforcement structure of a cylindrical drilling platform. In addition, it loads the models of the eight working conditions, checks the yielding and buckling strength as well as makes a fatigue assessment, which is of certain reference value.

Key words: Cylindrical drilling platform; Offshore crane; Finite element analysis