

吊装的有限元计算方法与改进

景 磊

(南通航运职业技术学院 船舶与海洋工程系, 江苏 南通 226000)

摘 要:吊装的有限元分析对船厂安全生产至关重要。通过对有限元吊装模型的改进,建立新的吊耳与吊绳的连接方式,避免出现模型的刚体位移,取消吊装模型的水平约束。改进后的吊装有限元计算方法得出的数更加合理,有助于对整体模型作出合理的屈曲分析,进一步确保吊装的安全性。

关键词:有限元;吊装;吊耳

中图分类号:U671.91

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2017)04-0041-03

0 引言

随着造船技术的日新月异,船厂频频面临大分段的吊运工作。百十吨,甚至上千吨的分段通过大型吊机吊运至指定区域,这是一项及其艰巨的任务。吊运工作一旦出现任何闪失,后果都是相当严重的,不单单是巨额的财产损失,更严重的是威胁到施工人员的生命安全。所以,在吊运大型结构的时候需要进行科学的技术论证,确保吊运过程的安全性,将风险降到最低。船厂实施结构吊运时,吊耳的布置是凭借经验来完成的,这对工作人员工作能力是巨大考验,也是对安全生产的严峻考验。有的船厂根据重量数据,得到吊运重物的重量重心位置,简单计算出所需吊耳的承载能力以及吊耳布置的位置。考虑到众多的不确定因素,通过使用大余量的吊耳或者增加吊耳的数量来达到安全吊运的目的。但是上面这种吊运的计算方式是有缺陷的,存在安全隐患。比如,这样的计算方式没有考虑吊耳附近结构的强度和垂直于吊耳平面的弯矩,导致吊耳的破坏。为了减少可能存在的安全隐患,需要对吊运的结构进行有限元分析。

1 有限元方法计算吊装的方法与存在的问题

1.1 吊装有限元分析的一般方法

例如 Ansys, Genie, Femap 等有限元软件,都可以对吊装结构进行近似的模拟计算。^[1-3]这里以 Sesam/Genie 软件为例,说明目前吊装计算的一般方法与步骤。第一,运用 Genie 软件对吊运的结构进行建模,以期能尽可能的反映结构的重量分布。对于可能会出现安全问题的区域需要精确建模,细化该部分的网格尺寸。第二,根据吊运结构的重量统计报告,适当调整模型结构的密度以及增加质量块,改变原有模型的重量重心,以期能让模型的重量重心与统计报告尽可能一致。第三,建立吊耳的相关结构模型,根据吊点位置,建立吊绳的结构模型。在吊绳的顶部施加约束。第四,进行静态分析。第五,根据相关规范,确定安全系数,对计算出的应力结果进行分析。

1.2 吊绳以及吊绳吊耳连接部位的模拟方法

吊装的有限元分析与一般结构的静力分析不同之处在于需要对吊绳以及吊绳吊耳连接部分进行特殊建模。吊绳结构用两节点的梁单元模拟,该梁单元在空间上只有六个自由度,即只能传递轴向力,不能传递弯矩。在 Genie 软件里面通过定义该单元为 truss 单元来实现,并且一根吊绳只能用一个单元来模拟,多单元将导致模型的无解。吊绳与吊耳之间的连接可以用三角的形式连接,吊绳与吊耳相接触(图 1-a),也称为直接连接方式,或者直接让吊绳的三角梁穿过吊耳的孔,吊绳与吊耳不接触,然后运用耦合约束来约束这个孔

收稿日期:2017-09-17

作者简介:景磊(1986—),男,江苏南通人,南通航运职业技术学院船舶与海洋工程系助教,硕士。

的临近区域(图 1-b),也成为耦合约束方式。

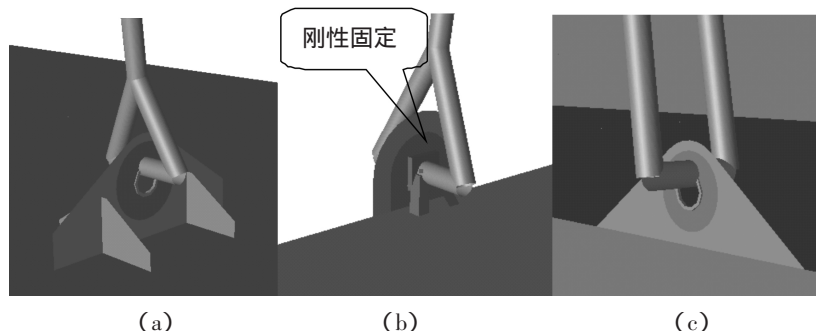


图 1 吊绳以及吊绳吊耳连接部位的三种有限元模拟方式

三角结构用普通的具有 12 个自由度的梁单元模拟,并且三角结构需要具有一定的刚度,让三点的相对位移尽可能的小。相比较上述两种建模方式,耦合约束的方法不能很好地反映吊耳结构的应力水平,所以在需要评估吊耳结构强度的时候建议用第一种直接连接的方式进行建模计算。

1.3 有限元模拟吊装存在的问题

上述建模方式在计算的时候会出现以下问题:结构可能会出现刚体位移,即出现超出常理的巨大位移,或直接导致模型的约束不足,无法进行计算;三角梁与吊绳之间出现不符合吊装实际,出现翘曲变形,即三角梁与吊绳变形之后不在同一个平面上。针对第一个问题,通常情况下,会给模型额外增加水平约束,阻止结构出现水平刚体位移,让模型能够正常计算。针对第二个问题,尝试修改三角梁的形状,让原来的吊绳变成左右两根,三角梁退化成中间的一根,如图 1-c 所示,可以让吊绳的变形趋于合理,使模型能够正常计算。

额外增加水平约束会使结构在时间约束点出现大的应变与应力,为了减轻这个不真实的情况,水平固定约束改为水平弹性约束,让该约束提供的水平力尽可能的小。这样一来就会直接产生一个问题,弹性约束的刚度系数如何确定。为了让取值尽可能的小,需要多次的计算,修改约束刚度,比较计算结果才能得到。这会需要很多时间也很不方便。即使确定了最佳的弹性约束刚度也不能让额外提供的水平力消失,不能完全消除约束点的大应力区域。一般有限元计算方法是先得到位移,然后根据位移得到应变,继而得到应力的。施加水平约束,不管约束多少,都改变了结构的实际变形情况,那么不真实的位移也就很难在此基础上得到令人信服的结构应力情况了。而且,水平约束可能增加结构两端的水平拉力,从而让本该有屈曲破坏危险的结构的计算结果符合强度评判标准,让整个吊装计算结果变的不准确。

2 吊装有有限元计算方法改进

2.1 出现刚体位移的原因

(1)受力原因。表面上看,吊装结构只受到垂直向下的重力,不应该出现水平的分力。但是实际计算的时候恰恰出现了水平力,而这个力让缺少水平支撑的结构很难去平衡,所以会出现大的水平位移。这是由于一般有限元计算机理导致的。模型加载的力和模型未受力前的结构刚度对应,即力与结构的几何外形是有联系的。对于线性结构有限元分析,假设结构不会出现大位移大变形。这样的假设对于一般的结构来说是合理的。但这样的假设有个问题,就是位移虽小终究有位移和变形。例如一根水平杆,在杆子非中心的部位受到垂直向下的力,如果杆两端是相同的弹性约束,杆在加力位置会有个转动位移。因为力与结构几何特征的关联性,相当于这个垂直力变换了角度继续作用于已经转动了的杆上,所以就产生了额外的水平力分量。

(2)矩阵自由度原因。有限元计算首先要确定结构有几个未知数,然后建立能反映结构强度的刚度矩阵,刚度矩阵的秩需要等于未知数的个数,矩阵方程才有唯一解。不然未知数数目大于刚度矩阵的秩,结构出现刚体位移,即有多个解。通俗地讲就是结构缺少边界约束会出现刚体位移。

2.2 解决方案

建立新的吊耳与吊绳的连接方式,达到增加约束,避免出现模型的刚体位移。需要注意的是:工字型接头的尺寸不宜过大,避免出现大位移;工字型接头的横截面尺寸不宜过小,或定义工字型结构为刚性单元,避免出现大位移,如图 2 所示,连接工字型接头四端的吊绳交汇于同一吊点,如图 3 所示。

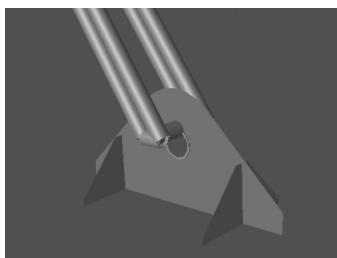


图 2 吊耳与吊绳接触部位有限元模型(新型)

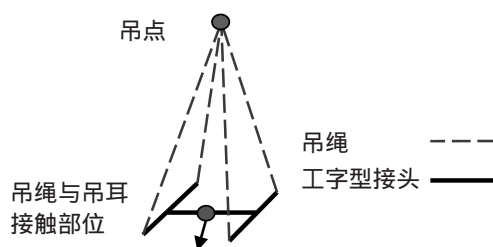


图 3 工字型接头示意图

3 计算实例

下面以一艘驳船吊装下水为例说明新型建模方式与原有建模方式的区别。根据原有建模方式,驳船需要在艏艉各加一个沿船长方向的水平约束才能计算,这限制了船在沿船长方向的位移,可能让整个吊装模型位移与实际情况存在较大的偏差,并且相当于在艏艉增加了一对拉压力,致使局部出现不合理的高应力,同时也让全船的屈曲强度校核出现误差。根据新的建模方式计算的吊装模型位移更加真实,原来不合理的局部高应力得到消除,同时也让整船屈曲强度校核更加合理,让吊装分析更接近真实情况,如图 4 所示。

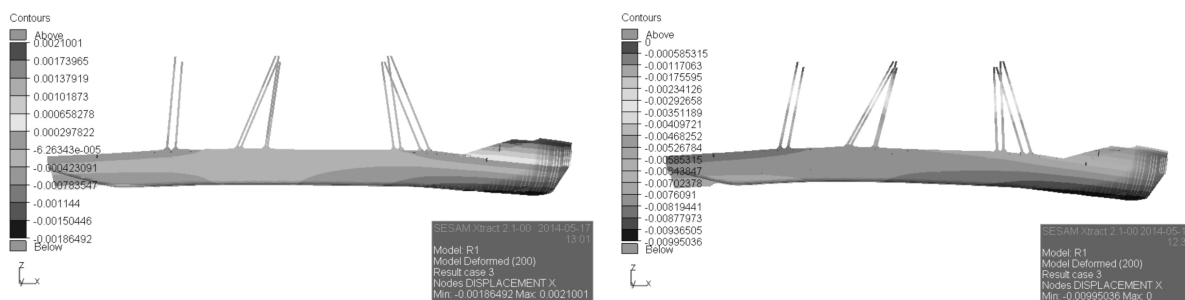


图 4 施加水平约束,位移结果(200 倍放大,左图);新型接头,位移结果(200 倍放大,右图)

4 结束语

通过对有限元吊装模型的改进,可以不需要结构模型的额外水平约束,让计算结果比原来计算方法得到的数据更加合理,操作更加简便,且有助于对整体模型进行合理的屈曲分析。但因为有限元建模的局限性,本文的建模方法依旧不能完全消除水平力,吊绳上力分布不均匀的情况也依旧不能改变。希望能在不久的将来,能提供更加合理的吊装建模方式,消除与实际情况不符的水平力,让相关联的吊绳力均匀分布。

参考文献:

- [1]陈博文,王欣,李黎霞,等.大型吊装物刚性体与弹性体模型有限元分析[J].建筑机械,2010(17):77-81.
- [2]赵鹏程,寇雄,邵曼华.平台水平片翻身吊装强度的有限元分析[J].中国海洋平台,2004(2):46-48.
- [3]杨永祥,王庆丰.308 万吨级 VLCC 上层建筑吊装强度有限元分析[J].造船技术,2009(4):23-25.

Method and Improvement of Finite Element Calculation for Lifting

JING Lei

(Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering,

Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: The finite element analysis of lifting is crucial to a shipyard's safe production. Through improving the finite element lifting model, a new connection mode is established between lifting lug and sling in order to avoid the rigid body displacement of the model as well as cancel the horizontal constraints of the lifting model. The data drawn from the improved calculation method of lifting finite element is more reasonable and is helpful for making a reasonable buckling analysis of the overall model to further ensure safety of lifting.

Key words: Finite element; Lifting; Lifting lug