

文章编号:1009-6825(2013)29-0043-02

谈流固耦合与 ADINA 有限元软件的应用

李 霏 杨 帆

(青岛交通建设工程有限公司, 山东 青岛 266000)

摘 要:简要介绍了流固耦合的定义、分类及计算方法,指出其计算复杂,需要结合有限元软件计算压力、速度和位移等基本未知量,并对 ADINA 有限元软件的基本知识进行了阐述,总结了 ADINA 的优势,同时通过项目审查和工程测试,验证了该软件为高效的有限元分析软件。

关键词:流固耦合 ADINA 有限元软件 结构模块

中图分类号:TU311

文献标识码:A

1 流固耦合

1.1 流固耦合的定义

流固耦合是流体力学和固体力学合并交叉生成的一个独立的分支,它的研究对象是固体在流场作用下的各种行为以及固体变形或运动对流场的影响。其重要的特性是两相介质之间的相互作用,固体在流体作用下的动态负载会产生变形或运动,固体变形或运动,反过来影响流场,从而改变流体负载范围和数值,正是这种相互作用将在不同条件下生成流固耦合现象。

流固耦合的分类:

总的来说,流固耦合机理可以分为两类:一种是耦合效应只发生在两相界面,平衡方程表面的耦合是由两相耦合面上协调引进;第二种是两相重叠的部分或全部,很难清楚地分开,使方程描述的物理现象,尤其是本构方程对特定的物理现象是需要建立的耦合效应,通过描述问题的微分方程表现出来。

1980 年以后,流固耦合的研究已经得到了广泛的关注,世界学术界近年来的流固耦合研究发展的三个标志如下:

- 1) 流固耦合问题由线性发展到非线性问题;
- 2) 由固体结构的变形和强度到固体屈曲化;
- 3) 计算格式从单纯的差分格式发展到兼容的流固格式。

1.2 流固耦合研究方法

流固耦合根据其发展顺序的步骤可以分为单步耦合、多步耦合、直接耦合三个阶段。

1) 单步耦合。

单步耦合应用频域方法假设结构在一个已知频率和振幅的运动,然后求解非定常气动力做功来确定稳定。单步耦合通常需要从解决结构变形开始,然后通过结构变形,在流场中进行稳定

性计算和阻尼计算。单步耦合流场的求解过程由从线性发展到非线性。

2) 多步耦合。

同单步耦合方法一样,多步耦合方法也需要在结构和流体领域分别解决变形等问题,不同的是多步耦合在进行交互计算上不止一个时间点,也就是说每次完成后都需要进行边界流体和结构荷载、位移等参数的传输。多级耦合方法很难时间离散的互动、结构和流体场数据总是滞后的。

3) 直接耦合。

直接耦合方法对结构和流体场的描述用的是一个统一的方程,按照统一的离散数值求解方法,从而实现了同步时间,没有滞后。本迪克斯用混合欧拉—拉格朗日方程来解决流固耦合系统的耦合边界问题,并实现了欧拉方程向拉格朗日方程的转换。

1.3 流固耦合的计算方法

流固耦合数值计算早期开始于航空领域的气动弹性问题,通过界面的耦合情况需要满足耦合界面力平衡,并且界面必须相容。解决气动弹性问题的方法一般分为两种:强耦合和弱耦合。强耦合方法需要同时求解 CSD 方程和 CFD 方程,弱耦合方法是一种模块化的求解方法。通过 CFD 网格点的耦合负载切换到 CSD 节点上,使得 CSD 节点上的位移差值来交换 CFD 网格点的数据。在弱耦合方法中,CSD 和 CFD 都可以保持非常高的精确度。

在计算流固耦合问题时,学者们提出了许多方法,通过归纳,基本上可以概括为以下两个方面:

1) 结构部分和流体部分通过有限元法,建立了流固耦合振动方程;

2) 结构部分是用有限元法离散,流体部分通过在定义域的边

[J]. 重庆建筑大学学报, 2007(4):61-63.

[3] GB 50011-2001, 建筑抗震设计规范[S].

[4] 梅 健. 基于 ANSYS 的空间网壳结构数值分析[J]. 山西建筑, 2009, 35(10):64-65.

The static stability analysis on different types single-layer reticulated shell

YANG Dong-ming¹ WU Jun-qiang²

(1. Taihua Group Real Estate Development Limited Company, Taiyuan 030024, China;

2. Architecture and Civil Engineering School, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: This paper researched three kinds of spherical reticulated shell using ANSYS structure analysis software, analyzed the model static de-generation rule of three kinds of single-layer spherical reticulated shell under uniformly distributed load, and compared the stiffness of each reticulated shell, limit load, the results showed that the Kay Witt reticulated shell structure stable, reasonable force, was worth promoting.

Key words: spherical reticulated shell, static, limit load

收稿日期:2013-07-30

作者简介:李 霏(1980-),男,工程师; 杨 帆(1984-),男,工程师

界上划分单元,然后建立一个函数,并且满足控制议程,用该函数去逼近边界条件。这种方法与有限元法在连续区域中单元划分不同,又称作边界元法。该方法单元未知数少,数据准备相对简单,然后建立流固耦合振动方程。通过流体有限元和结构有限元相结合,大多数形状复杂的结构在流体中所受到的影响可以用电子计算机来计算,但是这种方法通常要求计算机拥有强大的计算功能,并且需要长时间计算才能得出结果,这也是计算过程中的实际困难。

2 ADINA 有限元软件

2.1 ADINA 的发展历史

1975年K. J. BATHE博士领导其研究团队开发出ADINA有限元分析软件,逐渐成为了全球应用最广泛的有限元分析软件。一方面功能强大应用范围广,各种工程项目、教育界以及科学研究领域等等,都可以利用这种软件来进行服务和帮助。另一方面其源代码是公开的代码,为以后出现的许多有限元分析软件提供了基础代码。

K. J. BATHE博士于1986年在美国成立了公司,专门为ADINA软件开展了其商业化的发展,把精力放在解决非线性有限元、流固耦合、热机耦合等,该程序性能可靠,效率高,分析能力强,处于全球领先地位。经过近20年的商业化发展,ADINA有限元软件被广泛应用于各种行业,包括海洋开发、航空航天、建筑工程、公路铁路、汽车船舶制造、机械电子、石油天然气能源等领域。

2.2 ADINA 的扩展功能

ADINA可以求解多个物理场问题,其组成模块包括:

前后处理模块(ADINA-AUI);结构分析模块(ADINA-Structures);流体分析模块(ADINA-CFD);热分析模块(ADINA-Thermal);流固耦合分析模块(ADINA-FSI);热机耦合分析模块(ADINA-TMC);建模模块(ADINA-M);接口模块(ADINA-Transor)。

2.3 前后处理模块(ADINA-AUI)特点

1)嵌入式扩展建模模块,这个模块使用的是参数化实体建模技术。该技术是由著名的EDS公司研发成功,现已被多家三维CAD软件开发公司作为自己的内核技术。ADINA也采用了该技术,使自身具有了强大的几何建模功能,而且所有CAD软件建立的几何模型,都可以顺利进入ADINA软件系统,不会有任何缺失。

2)所有数据和边界条件可以直接应用到模型的几何特征,用户可以任意修改单元网格,不会影响模型的边界条件和荷载受力情况。

3)ADINA小的提供一个功能强大的网格分区处理系统。对复杂模型进行自动六面体网格划分。

4)ADINA可以读写Nastran软件的有限元模型数据格式。

5)用可视化处理方法可以对后处理的每一种结果变量进行分析。如网格变形图、彩色云图、等值线图;旋转、缩放和生成的

动画非常简单;并且可以绘制各种变量曲线图和粒子切片技术。

6)可以是各种各样的结果图形表示。

7)可以用动画显示的方法来描述应力变形和温度数据的计算过程和计算结果。

8)方便计算参数模型上任一点在任何时间的参数曲线,如应力应变曲线、应力时间曲线等。

2.4 ADINA 分析能力

ADINA由于它的可靠性、效率和精度,广泛应用于各种行业,取得了很高的声誉,并且通过了大量的项目审查和工程测试,已被验证为高效的有限元分析软件。

1)静态分析:分析各种结构在一定的边界条件和荷载作用下的应力分布、位移变形、内力分析等。

2)动态分析:包括隐式和显式瞬态动态分析、模态分析、响应谱分析、随机振动分析等等。ADINA模态分析不仅可以单个组件,也可以分析组装模式,如螺栓元素、接触因素等等。

3)结构屈曲分析:屈曲分析是用来确定在结构失稳的情况下所承受的极限荷载,或者是在极限荷载作用下结构的失稳过程,其中包括线性屈曲分析和非线性屈曲分析。载荷低于控制算法是在位移可控的情况下通过增加或减少负荷,寻找屈曲临界荷载,可以反映结构的实际应力和应变状态。

3 结语

在流固耦合过程中,流体的作用力施加到结构上,结构的变形反过来影响流体区域。ADINA的流固耦合计算中,流体模型可以是不可压缩流体,轻微可压缩流体,低速和高速可压缩流体以及经过多孔介质的流体。结构模型可以是ADINA结构模块中使用的各种类型。

要进行流固耦合计算,需要分别在ADINA结构模块(ADINA-Structure)和流体模块(ADINA-CFD)中建立结构模型和流体模型,然后把两个模型一起放到ADINA流固耦合求解器(ADINA-FSI)中进行求解。通过两个模型的耦合求解,其中结构模型是基于Lagrangian坐标系的,位移是基本未知量。纯流体模型是使用Eulerian坐标系的,然而在流固耦合问题中,因为界面会发生变形,所以流体模型必须使用Arbitrary-Lagrangian-Eulerian坐标系。求解的基本未知量不仅包括通常的压力、速度,还包括位移。

参考文献:

- [1] 曾攀.有限元分析基础教程[D].北京:清华大学,2008.
- [2] 刘国俊.计算流体力学的地位、发展情况和发展趋势[J].航空计算技术,1994(1):15-22.
- [3] 周连第.船舶与海洋工程计算流体力学的研究进展与应用[J].空气动力学学报,1998,16(1):121-141.
- [4] 俞聿修.随机波浪及其工程应用[M].大连:大连理工大学出版社,2002.

On application of fluid-structure coupling and ADINA finite element software

LI Pei YANG Fan

(Qingdao Transportation Construction Engineering Co., Ltd, Qingdao 266000, China)

Abstract: The paper briefly introduces the definition of the fluid-structure, its classification and calculation methods, points out its calculation is complicated, which needs to combine the finite element software to calculate some primary unknowns, including the pressure, speed and displacement, illustrates the basic knowledge of ADINA finite element software, sums up its advantages, and provides the software is the efficient finite element analysis one by the program inspection and engineering tests.

Key words: fluid-structure coupling, ADINA finite element software, structural model