

基于 MSC.Patran 二次开发的结构参数化建模及其集成开发环境

何祖平 王德禹

上海交通大学船舶海洋与建筑工程学院 上海 200030

摘要 应用 PCL 语言结合会话文件对 MSC.Patran 平台进行二次开发,通过梁结构建模与分析的参数化,提高了工作效率,同时也促进了建模和计算精度的改善;通过在 Microsoft Visual C++ 6.0 的编辑器中加载外部工具的方法,将 PCL 开发环境与 VC 编辑器集成,充分利用 VC 编辑器的强大功能,使 PCL 程序的开发更为方便快捷。

关键词 船舶结构 参数化建模 MSC.Patran PCL 语言 会话文件 二次开发 集成开发环境

中图分类号 U661.42 **文献标识码** A

Parameterized modeling based on MSC.Patran and its integrated development environment

HE Zu-ping WANG De-yu

School of Naval Architecture, Ocean and Civil Eng. Shanghai Jiaotong University Shanghai 200030

Abstract The PCL language combined with the session file of MSC.Patran is applied for the parameterized modeling and analysis for structures, which can improve the efficiency with the modeling and analysis precision enhanced. The technique can be further popularized for analysis of ship and other structures. This paper also introduces a method to integrate PCL development environment into VC editor by loading the exterior tools. The powerful ability of VC editor is able to make the PCL development more convenient and efficient

Key words ship structure parameterized modeling MSC.Patran PCL language session file second-time development integrated development environment

随着造船技术与航运市场的发展,船舶建造向大型化和经济化方向发展,越来越多的船舶超越了现行有关规范的规定,需要利用有限元直接计算的手段来评估船舶的安全性。这类计算有的选用国内自主开发的软件,有的采用各大船级社的结构计算软件。MSC 公司的系列软件在我国船舶结构计算中占据着非常广泛的市场。

然而,直接应用通用有限元软件分析船舶结构需要较高的有限元技巧和较长建模时间,这种方式不能满足现实船舶设计建造的要求,也不具备处理突发事件的能力。有些结构建模和分析在通用软件中实现也不是很方便。作者在研究船舶强梁腹板开孔问题时,由于需要考虑不同的开孔参数和载荷边界条件,建模与分析过程中有许多

重复性的工作,耗费大量许多宝贵的时间。为解决这个问题,本文采用对通用有限元软件 MSC.Patran 进行二次开发的方法,针对船舶行业的应用特点和特定的问题,开发适当的功能模块。

MSC.Patran 具有齐全的前、后处理功能,以 MSC.Patran 为平台,应用 PCL 语言并结合会话文件对 MSC.Patran 进行二次开发实现结构建模与分析的参数化方法可行而且非常方便。

1 PCL 语言及会话文件介绍

1.1 PCL 语言

PCL(patran command language)语言的语法类似 C 语言,它提供一般高级语言所有的大部分数据类型。PCL 提供由 IF Then Else, Switch and case, For 以及 While 等关键字组成的循环与控制操作。PCL 函数由关键字 FUNCTION 开始,END FUNCTION 结束,结构如下。

收稿日期 2004-12-08

作者简介 何祖平(1975-),男,硕士,助理工程师

```
FUNCTION fname( arglist )
```

```
    declarations...
```

```
    statements...
```

```
    (and/or)
```

```
    NOODL commands
```

```
END FUNCTION
```

PCL 语言中提供类的概念,类由关键字 CLASS 开始,END CLASS 结束,类中可以声明变量与函数,不同于 C++ 中类的概念,PCL 的类不具有继承、派生等功能,它更像 C 语言里面的结构体。在类中可以定义变量和函数,在类里面调用类的函数用类名加函数名,中间用一个点号连接,如 classname.funfunctionname, PCL 类结构如下所示。

```
CLASS classname
```

```
    CLASSWIDE declarations...
```

```
    functions
```

```
END CLASS
```

从功能上说,PCL 语言可以实现一般高级语言所能实现的大部分功能,同时它还提供与 Fortran 和 C 的访问接口;另一方面,也由于 PCL 语言与 MSC.Patran 的紧密关系,应用 PCL 语言作为 MSC.Patran 的开发工具是必然的选择。应用 PCL 可以开发出界面漂亮、功能强大的应用程序。现在,几乎所有的分析仿真软件都采用 PCL 语言作为工具,建立了与 PATRAN 的集成关系,有的也直接将 PATRAN 作为分析系统的前后处理器。

1.2 PCL 程序的调用

可以通过 .pcl 文件或者编译成库文件 .plb 的形式调用,也可以直接在 Patran 命令行逐条输入并执行。另外,也可以将 PCL 程序嵌入 Patran 会话文件(.ses 文件)中执行,Patran 会话文件管理器会把它不能处理的语句传递给 PCL 编译器处理。Patran 命令行下,PCL 程序的调用格式如下。

```
!! INPUT filename.pcl(直接引入 PCL 程序),
```

```
!! LIBRARY libname.plb(引入库文件中的程序)。
```

由于 Patran 启动时要加载 init.pcl,所以可以通过在该文件中增加命令来实现自己开发的 PCL 程序自动运行。尤其象增加菜单、增加文件查找目录等初始化工作,可使得 PCL 客户应用程序与 Patran 完美地集成在一起。

1.3 会话文件

Patran 运行时,所有的操作都会记录在会话文件(session file,.ses 文件)中,系统默认为 pa-

tran.ses.01,每次启动时版本编号自动递增。也可以将一段时间的操作记录在某个指定的会话文件中。会话文件中记录的操作可以通过回放的形式重做,里面也可以嵌入变量、函数定义等 PCL 程序段,会话文件的这个功能为开发 PCL 程序提供了方便,通过修改会话文件开发建模程序,工作效率得到较大的提高。

此外,日志文件(journal file,.jou 文件)中会保存整个模型数据库 db 文件的建模过程,利用它也可以重建模型数据库。

2 参数化建模与分析的实现

对于船舶结构,一个简单的分段模型的建模过程可能都要用到几千条 PCL 语句,如果整个建模过程都通过手工书写代码的形式进行,容易出错,这将是一项非常繁琐费力的工作。

Patran 的建模过程实际上是一组命令的执行过程,会话文件中就保存了这些命令。因此,可以将 PCL 语言与会话文件结合起来,通过调用会话文件实现参数化建模。由于在 Patran 用户界面中操作直观方便,会话文件的编写采用 Patran 自动生成和手工编写相结合的方式进行。为了实现参数化,解决建模中的重复操作,首先手工在 Patran 中建立结构模型,然后对保存下来的会话文件做必要的修改,在会话文件中增加变量声明,必要的变量用变量替换。例如:研究船舶横梁腹板开孔问题时,对开孔的位置和大小的说明数据用变量替换。经过这样修改后,给变量赋不同的值,本来只能实现单一模型建模的会话文件可以根据不同的参数建立模型了。开发复杂、大型的建模程序时,其中的单个建模片断也可应用这种方法实现。后面将说明,为了实现特定的功能,会话文件中还需要嵌入 PCL 函数。

结构参数化建模与分析过程见图 1。

会话文件可以嵌套调用,建模过程可以采用多个会话文件实现,前面的文件结束后使用 sfplay() 函数调用后面的文件,会话文件一个个依次执行,这样做既便于控制流程,也便于源代码的管理。

建模和分析过程中要用到的函数和参数的声明以及变量的赋值过程需要放在单独的会话文件中,因为 Patran 模型数据库中不保存建模过程中声明的变量和函数,以后再打开模型文件时,建模

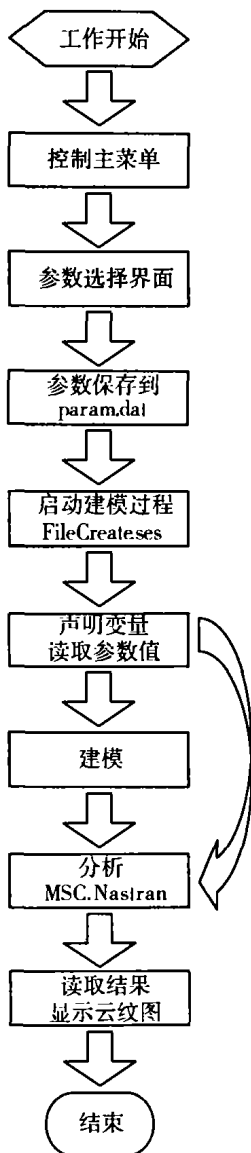


图 1 结构参数化建模与分析过程

时声明的函数和变量都不可用了。由于对模型参数化分析或者因其他原因需要利用模型重新计算时,只要重新执行一次函数和参数的声明以及变量赋值过程的会话文件就可以了,图 1 中箭头所指的就是这种模式,跳过了建模的步骤。

3 PCL 开发环境与 VC 编辑器集成

Patran 自身不带 PCL 编辑器, PCL 程序的编写可以在任意的文本编辑工具中进行。

用 PCL 语言开发 Patran 界面会用到一些预先定义的宏,需要调用 `cpp.exe` 进行预处理,还原宏的内容。另外,将其 PCL 源程序编译为库文件时需要调用 `p3pclcomp.exe` 中 `compile` 命令。这些操作可以放到一个批处理文件中,设 PCL 源文件后缀为 `cpp`,预处理后,后缀为 `pcl`,编译后生成同名的库文件,则批处理命令如下。

```

@echo off
if "x%1" == "x" goto ERROR
set filename = %1
IF EXIST %P3_HOME% goto CONT
SET P3_HOME = C:\patran2001r2
goto CONT

:CONT
rem 预编译
call %P3_HOME%\bin\cpp.exe
- C -I%P3_HOME%\customization %filename%.cpp
%filename%.pcl
if errorlevel 1 goto ERROR
rem 编译为库文件
echo !! COMPILE %filename%.pcl into

```

```

%filename%.plb | %P3_HOME%\bin\p3pclcomp.
exe
if errorlevel 1 goto ERROR
rem 清除中间文件
:CLEAN
del %filename%.pcl
exit(0)

:ERROR
del %filename%.pcl
exit(1)

```

Microsoft Visual C++ 6.0 的编辑器的自定义功能中 `tools` 选项里有外部工具调用的相关设置,利用这项功能可以将 PCL 开发环境集成到该编辑器中。将以上批处理命令保存在文件 `precompile.bat` 中,通过参数设置,在 VC 编辑器的 `tools` 菜单中添加一个 PCL 编译菜单,待编译文件名作为参数传给批处理命令,当选中 `Use Output Window` 选项时,可以将屏幕提示重新定向输出到编辑器的 `Output` 窗口中。添加 PCL 编译工具后 `Tools` 菜单中将出现“PCL 编译”菜单。

完成设置之后,在编辑环境中就直接编译 PCL 程序,像编译 C++ 程序一样方便,省去切换的麻烦,在程序编写过程中还可以利用 Microsoft Visual C++ 6.0 的文本编辑器的强大功能,极大的方便了程序开发,提高了工作效率。

4 PCL 应用开发实例

研究船舶强梁结构开孔问题时,研究模型为三档肋位之间的横梁、甲板、纵壁及外板组成的一个立体分段,需要根据不同的开孔参数及载荷工况分析结构的应力情况,分析模型达上百个之多,工作量非常大。利用前面介绍的方法,作者针对该问题开发了参数化建模与分析程序。主要由 4 个子模块组成,输入开孔的参数后,整个建模及分析过程都自动完成,下面对横梁腹板根部开空问题研究子模块做一简要介绍。

为了分析方便,在 Patran 主菜单中创建了一个船舶结构分析控制主菜单。横梁腹板根部开孔问题研究的参数输入界面包含对梁中部和根部两种开孔大小和位置的说明。输入参数值并确认后,将参数值保存到一个名为 `param.dat` 的临时文件中,然后启动建模程序。会话文件由 13 个会话文件组成。

```
01.FileCreate.ses
```

```
...
```

```
12.Load - Case.ses
```

```
13.Analysis.ses
```

每个文件实现一个特定的功能,文件之前嵌套调用,例如:01.FileCreate.ses 结尾处通过语句 sf-play(“.\02.Deck.ses”)调用下一个会话程序。变量声明直接嵌入会话文件,例如,根部开孔半径的声明为

```
GLOBAL REAL gr_Radius
```

赋值后,建模时对该变量的引用如下(其中变量 str_center 为开孔中心坐标)

```
sgm_edit_surface_add_hole(1, gr_Radius, @
TRUE, “”, str_center, “”, “Surface 124”, @
sgm_edit_surface_add_h_edit_ids)
```

外载荷中有一个是直升机着舰时的集中力,如果完全按照点载荷施加,由于挤压效应影响,加载点附近应力非常大,这与实际情况不符合。准确的模拟实船结构需要考虑直升机着舰时轮子与舰体的接触面积。此外,课题需要研究不同着舰位置下横梁的应力分布,每个模型有近 20 种工况。因此,无论载荷加载几何上还是网格上,对载荷接触面的准确分离都不便操作。利用 PCL 函数的参数化建模功能,该问题可以得到很好的解决。

直升机着舰力为 340.51 kN,接触面为 364 × 370 的矩形。将着舰力均布在接触面上,用一个空间场函数描述,没有非接触范围的压力值设为 0。函数源代码如下。

```
FUNCTION ForceZ(x, y, z, pointX, pointY)
REAL x, y, z
REAL pointX, pointY, f
f = 340510.0 / (364.0 * 370.0)
IF ((abs(pointX - x) <= 185.0)) then
  IF ((abs(pointY - y) <= 182.0)) then
    RETURN f
  END IF
END IF
RETURN 0.0
END FUNCTION
```

函数 ForceZ 的返回值为空间点 (x, y, z) 处 z 轴方向的压力, pointX、pointY 分别为接触面中心的 x, y 坐标。再用 fields-create() 函数创建一个空间场,用 loadsbc-create2() 函数创建一个压力载荷,改变参数 pointX、pointY 即可实现甲板上任意

位置着舰力的加载。如果能提供接触面内压力更详细的分布,只要对函数稍做修改即可准确的模拟出来。图 2 是程序运行后得到的立体分段有限元模型右舷部分,图 3 是横梁根部开孔附近应力云纹图。

从图中可以看出,由程序根据参数自动建立的有限元模型网格质量非常好,分析结果孔边应力集中点及开孔附近应力分布也符合一般开孔板受力后的研究结果^[5]。

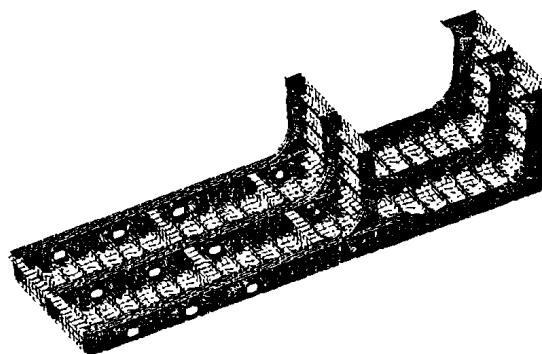


图 2 分段模型右舷部分(倒置)

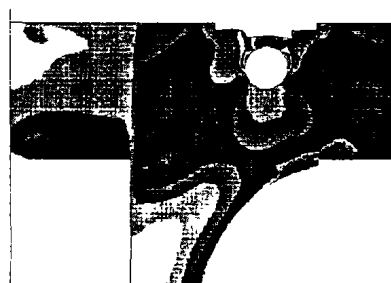


图 3 横梁根部开孔附近应力云纹图

5 结束语

在船舶强梁腹板开孔问题研究中应用 PCL 语言结合 Patran 会话文件在 MSC.Patran 平台上实现结构参数化建模与分析的技术,一方面可以减少建模与分析过程中的重复劳动,提高工作效率;另一方面,工作效率提高后,有更多的时间用于建模,可以更准确地模拟实际结构;此外,应用 PCL 函数可以更好地模拟载荷及边界条件,促进了建模与分析精度的提高。

参考文献

- 1 王勖成,邵敏.有限单元法基本原理和数值方法.北京:清华大学出版社,1997
- 2 MSC. Patran User's Manual. MSC 公司,1998
- 3 MSC. Patran PCL and Customization. MSC 公司,1998
- 4 MSC. Patran PCL Reference Manual. MSC 公司,1998
- 5 西田正孝[日].应力集中.北京:机械工业出版社,1986