



## 有限元分析的典型 Project

### 【高级建模 Project7】结构的概率：大型液压机机架的概率设计分析

如图 7.1，一个大型液压机机架，在其外圈承受有预紧压力，在内圈承受有工作压力，假设由于制造的原因，使得机架的尺寸有一定的误差，同时，所承受的载荷也有一定的分散度，因此，可以将这几个参数考虑为具有概率分布的随机变量，然后，对机架的最大等效应力(MAXVON)、应力强度(MAXINT)、第一主应力(MAX1)进行分析，相关的参数如下。

材料： $E = 2.1 \times 10^{11} \text{ Pa}$ ,  $\mu = 0.3$ 。

几何： $H=18\text{m}$ ,  $D=3.4\text{m}$ ;

R1 服从 Gauss 分布，均值为 2.25m，方差为 0.1;

R2 服从 Gauss 分布，均值为 4.5m，方差为 0.2;

载荷：PRS1 服从 Gauss 分布，均值为 261.4MPa，方差为 26.07;

PRS2 服从 Gauss 分布，均值为 196.1MPa，方差为 19.8;

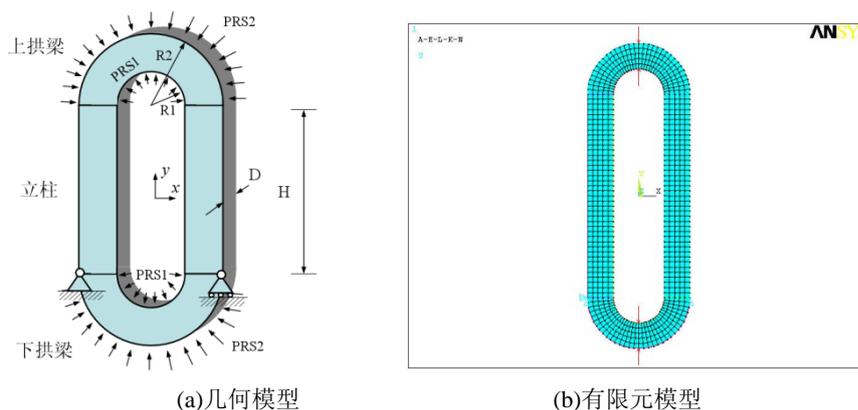


图 7.1 大型液压机机架及有限元概率设计分析

#### 【建模要点】

1. 采用单元 PLANE182，在几何建模时需要考虑各个几何参数之间的匹配，因为结构的概率分析需要自动改变各个参数以进行多次的参数化几何模型修改和单元划分;
2. 采用命令<\*CREATE>建立宏文件，给出完整的有限元建模过程，并设置针对随机变量分析的参数，在后处理中，采用命令<\*GET>获取需要进行随机响应变量分析的参数; 以便于在概率分析时进行循环运行;
3. 在宏文件中需要对将进行概率设计的输入随机变量事先设置为参数，在宏文件的后处理中，还要设置为响应随机变量的参数，采用命令<\*GET>进行提取，并设置成为参数;
4. 在主程序中，首先调入宏文件，通过命令</PDS>进入概率设计分析模块，通过命令<PDANL>指定宏文件进行概率设计，通过命令<PDVAR>设定输入及响应随机变量，对于输入随机变量，指定概率分布的形式及参数;
5. 通过命令<PDMETH>设置随机处理的方法，由命令<PDLHS>设置模拟循环次数，由命令<PDEXE>运行概率设计分析;



6. 在概率设计分析模块中，直接采用命令<PDHIST>、<PDSHIS>、<PDSSENS>、<PDSCAT>给出随机变量的样本分布、采样曲线、概率敏感图、两个相关变量相关性的图形，采用命令< \*GET>获取随机变量的平均值及均方差值等信息。

得到的部分计算结果如图 7.2 至图 7.4 所示。

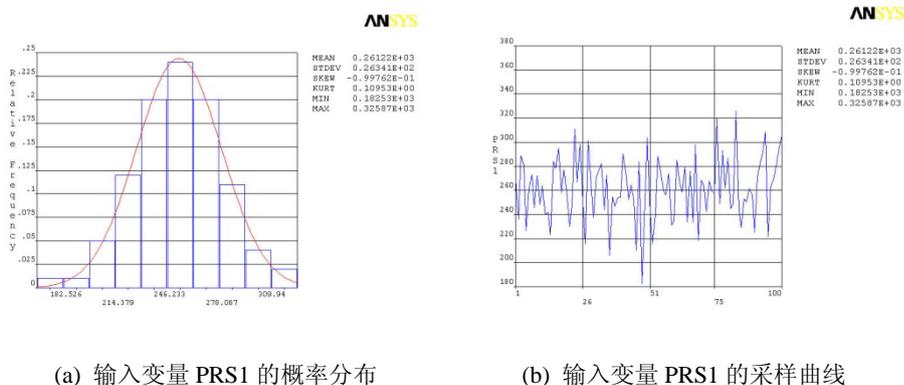


图 7.2 输入随机变量 PRS1 的分布及采样

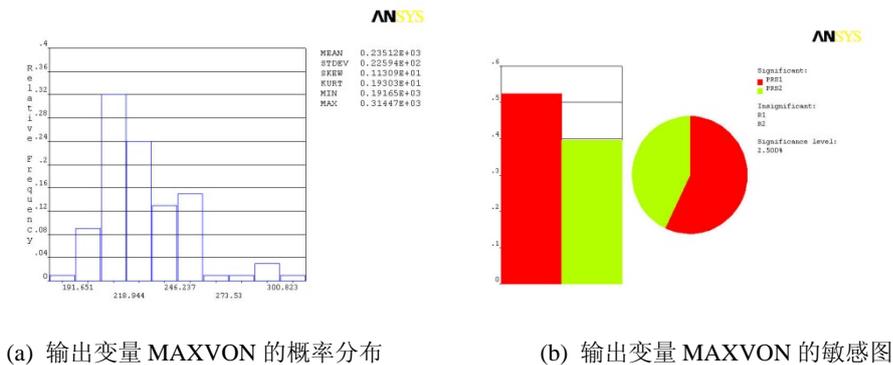


图 7.3 输出随机变量 MAXVON 的概率分布及敏感图

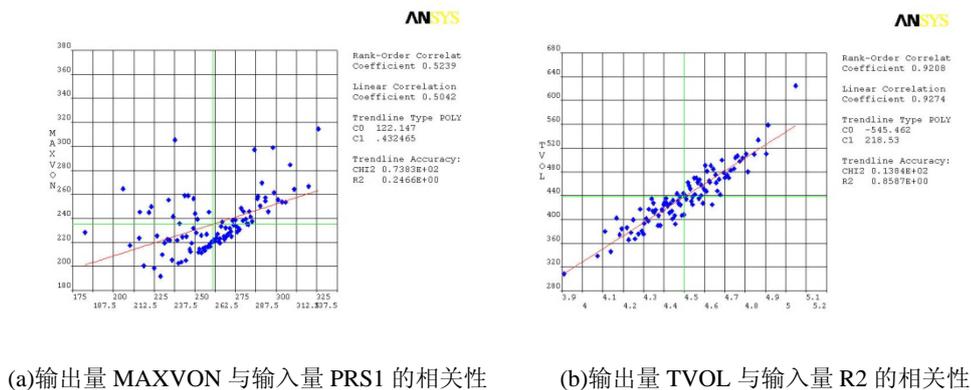


图 7.4 输出随机变量与输入随机变量的相关性

【文件】完整的命令流

```
!%%%%%%%% [高级建模 Project7] %%%% begin %%%%%%%%%%%
C*** 采用宏文件进行液压机机架的概率设计分析
*CREATE,PRESS,pds
!创建宏文件 PRESS，以进行循环运行
```



```
/PREP7                                !进入前处理
R1=2.25                                !设置拱梁的内半径，后面将设置为概率设计变量
R2=4.5                                  !设置拱梁的外半径，后面将设置为概率设计变量
H=18                                     !设置立柱的高度
D=3.4                                   !设置牌坊的厚度
PRS1=261.4                              !工作载荷，后面将设置为概率设计变量
PRS2=196.1                              !预紧载荷，后面将设置为概率设计变量
ET,1,PLANE182,,,3                      !设置1号单元，带厚度的平面应力问题
MP,EX,1,2.1e11 $MP,NUXY,1,0.3          !定义材料的弹性参数
R,1,D,                                  !设置实常数
CYL4, 0,H/2,R1,0,R2,180                !生成上拱梁
CYL4, 0,-H/2,R1,180,R2,360            !生成下拱梁
A,2,3,8,5                               !生成立柱
A,1,6,7,4                               !生成立柱
ESIZE, (R2-R1)/5                       !定义单元尺度
MSHKEY,1                                !采用映射网格划分方式
MSHAPE,0,2D                             !指定单元形状为四边形
AMESH,all                                !对所有的面划分网格
DK,5,UX,,,,UY                          !施加位移约束
DK,6,UY                                  !施加位移约束
SFL,3,PRES,PRS1,                        !在几何线3上加施加均布压力，下同
SFL,7,PRES,PRS1,
SFL,1,PRES,PRS2,
SFL,5,PRES,PRS2,
ALLSEL,,ALL                             !选择所有对象
FINISH
/SOLU
SOLVE                                    !进行求解
FINISH
/POST1
NSORT,S,EQV                             !对等效应力 EQV 进行排序
*GET,MAXVON,sort,0,max                  !获取最大的应力值，赋给参数 MAXVON
NSORT,S,INT                             !对应力强度 INT 进行排序
*GET,MAXINT,sort,0,max                  !获取最大的应力值，赋给参数 MAXINT
NSORT,S,1                                !对应力 S1 进行排序
*GET,MAX1,sort,0,max                    !获取最大的应力值，赋给参数 MAX1
ETABLE,VLM,VOLU                         !建立单元体积的单元表，名称为 VLM
SSUM                                     !对单元表的内容求和
*GET,TVOL,SSUM,,ITEM,VLM              !获取求和的值，赋给参数 TVOL，即单元体积总和
*END                                     !宏文件 PRESS 结束
c*** 进入主程序
/INPUT,PRESS,pds                        !调入宏文件
/PDS                                     !进入概率设计分析模块
PDANL,,PRESS,pds                        !指定宏文件 PRESS 进行概率设计
```



```
PDVAR,PRS1,GAUS,261.4,26.07,0,0      !设置输入随机变量，服从 GAUSS 分布，下同
PDVAR,PRS2,GAUS,196.1,19.8,0,0
PDVAR,R1,GAUS,2.25,0.1,0,0
PDVAR,R2,GAUS,4.5,0.2,0,0
PDVAR,MAXVON,RESP                    !设置响应随机变量，下同
PDVAR,MAXINT,RESP
PDVAR,MAX1,RESP
PDVAR,TVOL,RESP                      !设置 TVOL 为响应参数
PDMETH,MCS,LHS                       !设置随机处理的方法
PDLHS,100,1                           !设置作业次数为 1，每 1 次中的模拟循环次数为 100
PDEXE,PDS_PRESS                      !运行概率设计分析，并给出标识符 PDS_PRESS
PDHIST,PDS_PRESS,PRS1                !显示输入随机变量 PRS1 的样本分布直方图，下同
PDHIST,PDS_PRESS,R1
PDHIST,PDS_PRESS,MAXVON
PDSHIS,PDS_PRESS,PRS1,SAMP,0.95,     !显示输入随机变量 PRS1 的采样曲线
PDCDF,PDS_PRESS,PRS1,EMP,0.95,100,   !显示输入随机变量 PRS1 的累计概率分布曲线
PDESENS,PDS_PRESS,MAXVON,BOTH,RANK,0.025, !显示输出随机变量 MAXVON 的概率敏感图
PDESENS,PDS_PRESS,TVOL,BOTH,RANK,0.025,
PDSCAT,PDS_PRESS,PRS1,MAXVON,POLY,1, , !显示输出随机变量 MAXVON
!(续)与输入随机变量 PRS1 的相关性
*GET,MEANVON,PDS,1,MEAN,,RP,1        !获取 1 号响应随机变量的平均值
*GET,STDVVON,PDS,1,STDV,,RP,1        !获取 1 号响应随机变量的均方差值
*STATUS                               !列出所有参数的实际内容
PDROPT,0,0,0,0,0,0,0,0,0.95,        !设置计算报告的参数和格式
PDWRITE,Report                       !生成并输出计算报告 report，在当前目录中
!%%%%%%%% [高级建模 Project7]] %%%% end %%%%%%%%%%
```