

## Shell43

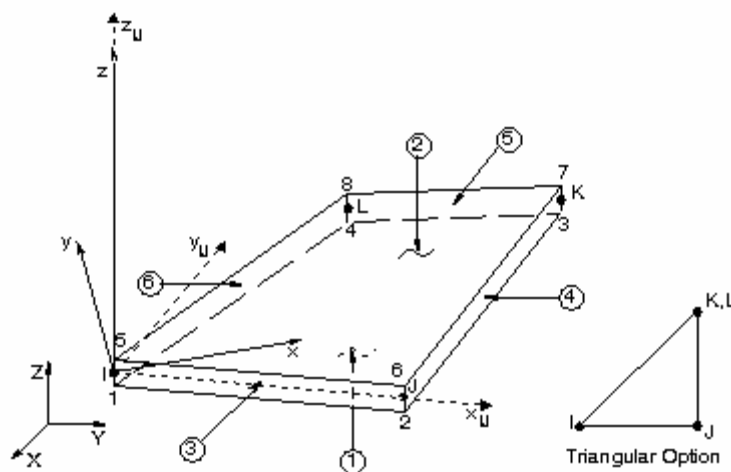
### -4 节点塑性大应变单元

### SHELL43 单元描述:

SHELL43 适合模拟线性、弯曲及适当厚度的壳体结构。单元中每个节点具有六个自由度：沿  $x$ 、 $y$  和  $z$  方向的平动自由度以及绕  $x$ 、 $y$  和  $z$  轴的转动自由度。平面内两个方向的形状必变都是线性的。对于平面外的运动，用张量组的混合内插法（a mixed interpolation of tensorial components）。

单元具有塑性、蠕变、应力刚化、大变形和大应变的特性。关于此单元更详细的性能可参见 [ANSYS, Inc. Theory Reference](#) 中的 [SHELL43](#)。如果是薄壳或者塑性和蠕变不需考虑，弹性的四边性壳单元（SHELL63）就可以了。如果遇到收敛困难或者需要考虑大应变时，可选择 SHELL181 单元。当然，对于非线性结构分析我们推荐选择 SHELL181 单元。

图 43.1 SHELL43 单元几何图示



其中： $X_{ij}$  = 没有定义单元坐标系时的  $X$  轴

$X$  = 定义了单元坐标系时的  $X$  轴

### SHELL43 单元的输入数据:

图 43-1 给出了此单元的几何形状、节点位置和坐标系设置。单元由四个节点、四个壳厚度以及正交各向异性的材料特性确定。在[三角形、棱形和四面体单元](#)一章中已经提到，当把节点  $K$  和节点  $L$  定义为同一个节点时就形成了三角形单元。

正交各向异性材料的方向与单元坐标系的方向一致。单元坐标系的方向已经在[坐标系](#)一章中描述过。单元  $X$  轴可以从  $X$  轴向  $Y$  轴旋转一个角度  $\theta$ 。

单元需要有一个有效的厚度。随着在每个角节点处输入的厚度值的不同,假定厚度在单元面积上平滑变化。如果单元厚度不变,只输入 TK (I) 就可以了。如果厚度不是常数,必须分别输入四个节点的厚度值。

单元名义上绕 Z 轴的平面内的转动刚度由 KEYOPT (3) (=0 或 1) 确定。另外一个真实的转动刚度 (Allman 转动) 相应地在由 KEYOPT (3)=2 来定义。这样的话,实常数 ZSTIF1 和 ZSTIF2 就被用来控制 Allman 转动理论中的两个伪零能量模态。ZSTIF1 和 ZSTIF2 的默认值分别为 1.0E-6 和 1.0E-3。ADMSUA 是每单位面积的质量。

单元荷载在[节点和单元荷载](#)一章中已经讲过。压力被当做单元面上的表面荷载输入,如图 43-1 的圆圈数字所示。正向表示指向单元表面。边界压力按单位长度的力来输入。温度可当成作用在角点位置 (1-8) 的单元体力输入,如图 43-1 所示。第一个角温度 T1 默认值是 TUNIF,如果其它的温度都不指定,它们的值也自动按 T1 取值。如果只输入了 T1 和 T2, T1 值会赋给 T1、T2、T3 和 T4,而输入的 T2 值会赋给 T5、T6、T7 和 T8。对于任何其它的输入方案,未指定温度时默认都是 TUNIF。

[“SHELL43 输入总结”](#)给出了此单元的输入参数总结。一般的单元输入描述请参考[单元输入](#)一章。

## SHELL43 单元输入总结:

Nodes (节点)

I, J, K, L

Degrees of Freedom (自由度)

UX, UY, UZ, ROTX, ROTY, ROTZ

Real Constants (实常数)

TK(I), TK(J), TK(K), TK(L), THETA, ZSTIF1

ZSTIF2, ADMSUA

See [Table 43.1: "SHELL43 Real Constants"](#) for a description of the real constants

Material Properties (材料特性)

EX, EY, EZ, (or PRXY, PRYZ, PRXZ or NUXY, NUYZ, NUXZ),

ALPX, ALPY, ALPZ (or CTEX, CTEY, CTEZ or THSX, THSY, THSZ), DENS, GXY,

GYZ, GXZ, DAMP

Surface Loads (表荷载)

压力—

face 1 (I-J-K-L) (bottom, in +Z direction), face 2 (I-J-K-L) (top, in -Z direction),

face 3 (J-I), face 4 (K-J), face 5 (L-K), face 6 (I-L)

Body Loads (体荷载)

温度—

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8

积分能量—

FL1, FL2, FL3, FL4, FL5, FL6, FL7, FL8

#### Special Features (特殊性质)

塑性

蠕变

应力硬化

大变形

大应变

单元生死

自适应下降

#### KEYOPT(3)

附加位移形变:

0--

包括平面内附加位移形变

1 --

不考虑附加位移形变

2 --

考虑 Allman 转动刚度 (需用到实常数 ZSTIF1 和 ZSTIF2)

#### KEYOPT(4)

单元坐标系定义:

0 --

无用户子程序定义单元坐标系

4 --

单元 X 轴位置由用户子程序 USERAN 确定

注意

参见 *Guide to ANSYS User Programmable Features* 介绍用户添加子程序

#### KEYOPT(5)

附加单元输出:

0 --

基本单元结果

1 --

重复所有积分点和顶面、中面和底面的基本结果

2 --

结点应力结果

#### KEYOPT(6)

非线性积分点输出:

0 --

基本单元结果

1 --

非线性积分点输出

表 43.1 SHELL43 单元实常数

| No. | 名称     | 描述                                    |
|-----|--------|---------------------------------------|
| 1   | TK(I)  | 结点 I 处壳厚度                             |
| 2   | TK(J)  | 结点 J 处壳厚度                             |
| 3   | TK(K)  | 结点 K 处壳厚度                             |
| 4   | TK(L)  | 结点 L 处壳厚度                             |
| 5   | THETA  | 单元 X 轴转角                              |
| 6   | ZSTIF1 | Allman 转动控制常数 (当 KEYOPT(3) = 2 时, 可用) |
| 7   | ZSTIF2 | Allman 转动控制常数 (当 KEYOPT(3) = 2 时, 可用) |
| 8   | ADMSUA | 附加质量/单位面积                             |

### SHELL43 单元输出数据:

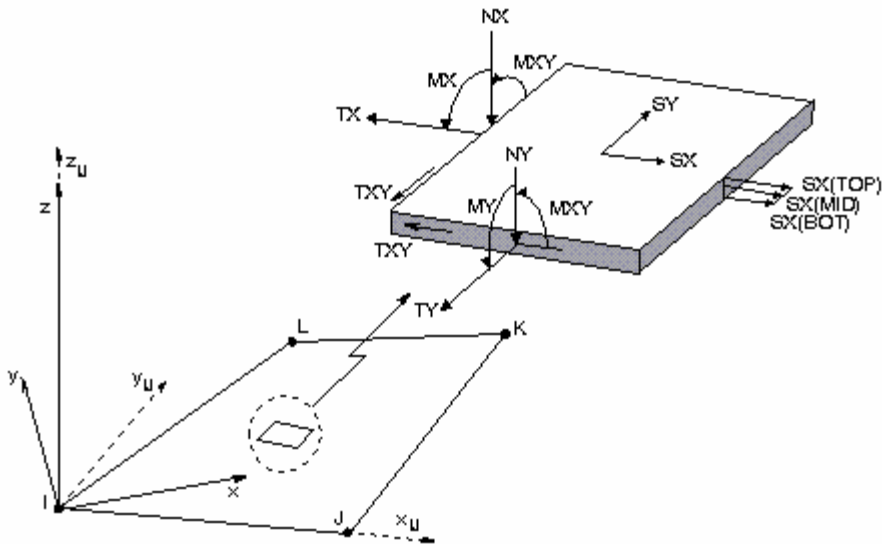
此单元有两种结构输出形式:

- 总体结点结果中的结点位移输出
- [表 43.2: “SHELL43 单元输出定义”](#)中给出的附加单元输出

一些输出项目见 [图 43.2: “SHELL43 的应力输出”](#)。

单元应力的方向和力的合成 (NX, MX, TX 等) 平等于单元坐标系。基本的单元结果输出位置在单元上表面 I-J-K-L 的中心、单元质心和单元下表面 I-J-K-L 的中心。对于三角形单元情况, 表面中心和单元质心到平均值。更一般的结果输出描述请参见[结果输出](#)一章。查看结果的方式请参考 [Ansys 基本分析向导](#)。

图 43.2 SHELL43 单元应力输出



其中:  $X_{IJ}$  = 没有定义单元坐标系时的 X 轴  
X = 定义了单元坐标系时的 X 轴

单元输出定义表用以下规则标记:

名称一栏里的冒号(:)表示此项可用组合名字的方法使用[[ETABLE](#), [ESOL](#)]。O 栏表示结果可以在 jobname.out 输出文件中找到; R 栏表示结果可以在结果文件中找到。

在 O 栏或者 R 栏中的 Y 表示该项结果总是能够得到; 数字表示该项结果是有条件才能得到的, 条件请在脚注中参阅; 符号“-”表示该项结果不可得到。

表 43.2 SHELL43 单元输出定义

| 名称                       | 定义                                                                                       | O                 | R                 |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| EL                       | 单元号和名字                                                                                   | Y                 | Y                 |
| NODES                    | 节点- I, J, K, L                                                                           | Y                 | Y                 |
| MAT                      | 材料号                                                                                      | Y                 | Y                 |
| THICK                    | 平均厚度                                                                                     | Y                 | Y                 |
| VOLU:                    | 体积                                                                                       | Y                 | Y                 |
| XC, YC, ZC               | 结果描述位置                                                                                   | Y                 | <a href="#">3</a> |
| PRES                     | 在结点 I, J, K, L 上的压力 P1; P2 at I, J, K, L; P3 at J, I; P4 at K, J; P5 at L, K; P6 at I, L | Y                 | Y                 |
| TEMP                     | 温度 T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8                                                        | Y                 | Y                 |
| LOC                      | TOP, MID, BOT, 或者积分点位置                                                                   | <a href="#">1</a> | <a href="#">1</a> |
| S:X, Y, Z, XY, YZ, XZ    | 应力                                                                                       | <a href="#">1</a> | <a href="#">1</a> |
| S:1, 2, 3                | 三个主应力                                                                                    | <a href="#">1</a> | <a href="#">1</a> |
| S:INT                    | 应力强度                                                                                     | <a href="#">1</a> | <a href="#">1</a> |
| S:EQV                    | 等效应力                                                                                     | <a href="#">1</a> | <a href="#">1</a> |
| EPEL:X, Y, Z, XY, YZ, XZ | 弹性应变                                                                                     | <a href="#">1</a> | <a href="#">1</a> |
| EPEL:1, 2, 3             | 主弹性应变                                                                                    | <a href="#">1</a> | <a href="#">1</a> |
| EPEL:EQV                 | 等效弹性应变 <a href="#">[4]</a>                                                               | <a href="#">1</a> | <a href="#">1</a> |
| EPth:X, Y, Z, XY, YZ, XZ | 平均热应变                                                                                    | Y                 | Y                 |
| EPth:EQV                 | 等效热应变 <a href="#">[4]</a>                                                                | -                 | Y                 |
| EPPL:X, Y, Z, XY, YZ, XZ | 平均塑性应变                                                                                   | <a href="#">2</a> | <a href="#">2</a> |
| EPPL:EQV                 | 等效塑性应变 <a href="#">[4]</a>                                                               | -                 | <a href="#">2</a> |
| EPCR:X, Y, Z, XY, YZ, XZ | 平均蠕变应变(X, Y, Z, XY, YZ, XZ)                                                              | <a href="#">2</a> | <a href="#">2</a> |
| EPCR:EQV                 | 等效蠕变应变 <a href="#">[4]</a>                                                               | -                 | <a href="#">2</a> |
| NL:EPEQ                  | 平均等效塑性应变                                                                                 | <a href="#">2</a> | <a href="#">2</a> |
| NL:SRAT                  | 试探应力与屈服面应力的比率                                                                            | <a href="#">2</a> | <a href="#">2</a> |
| NL:SEPL                  | 从应力应变曲线得到平均等效应力                                                                          | <a href="#">2</a> | <a href="#">2</a> |
| T(X, Y, XY)              | 单元平面内 X, Y, 和 XY 方向的力                                                                    | Y                 | Y                 |

| 名称          | 定义                  | O | R |
|-------------|---------------------|---|---|
| M(X, Y, XY) | 单元 X, Y, 和 XY 方向的弯矩 | Y | Y |
| N(X, Y)     | 单元平面外 X 和 Y 的剪力     | Y | Y |

1. 这些应力结果按单元顶面、中面和底面分别输出（如果 KEYOPT(5) = 1 也可按所有积分点输出）
2. 如果单元是非线性材料，则按单元顶面、中面和底面输出非线性结果
3. 只有在质心处用 [\\*GET](#) 命令时可用
4. 等效应变取用实际的泊松比：对于弹性问题和热力学问题此值由（[MP](#)，PRXY）指定；对塑性和蠕变问题此值取 0.5。

表 43.3 SHELL43 单元杂项输出

| 描述       | 输出项目名称                                   | O                 | R |
|----------|------------------------------------------|-------------------|---|
| 非线性积分点结果 | EPPL, EPEQ, SRAT, SEPL, EPCR             | <a href="#">1</a> | - |
| 结点应力结果   | TEMP, S(X, Y, Z, XY, YZ, XZ), SINT, SEQV | <a href="#">2</a> | - |

1. 如果单元是非线性材料并且 KEYOPT(6) = 1，则在每一个积分点输出结果；
2. 在每个结点输出，如果 KEYOPT(5) = 2，每个位置都会得到结果

[表 43-4：“SHELL43 单元输出项目及序列号”](#) 列出了用 [ETABLE](#) 命令通过序号查询结果的方法。详细说明请参考[通用后处理（POST1）](#)一章和此手册的[项目编号表](#)。下面是表 43-4 中用到的标识说明。

名称

表 43-2 中定义的输出量

ITEM

用 [ETABLE](#) 预先定义的标签项

E

预先定义的单值或常单元数据号

I,J,K,L

对于结点 I, J, K, L 的序号

Table 43.4 SHELL43 Item and Sequence Numbers

| 输出项目名称 | <a href="#">ETABLE</a> 和 <a href="#">ESOL</a> 命令输出 |
|--------|----------------------------------------------------|
|--------|----------------------------------------------------|

|        |       | Item            |    | E  | I  | J  | K  | L  |    |
|--------|-------|-----------------|----|----|----|----|----|----|----|
| TX     |       | SMISC           |    | 1  | -  | -  | -  | -  |    |
| TY     |       | SMISC           |    | 2  | -  | -  | -  | -  |    |
| TXY    |       | SMISC           |    | 3  | -  | -  | -  | -  |    |
| MX     |       | SMISC           |    | 4  | -  | -  | -  | -  |    |
| MY     |       | SMISC           |    | 5  | -  | -  | -  | -  |    |
| MXY    |       | SMISC           |    | 6  | -  | -  | -  | -  |    |
| NX     |       | SMISC           |    | 7  | -  | -  | -  | -  |    |
| NY     |       | SMISC           |    | 8  | -  | -  | -  | -  |    |
| P1     |       | SMISC           |    | -  | 9  | 10 | 11 | 12 |    |
| P2     |       | SMISC           |    | -  | 13 | 14 | 15 | 16 |    |
| P3     |       | SMISC           |    | -  | 18 | 17 | -  | -  |    |
| P4     |       | SMISC           |    | -  | -  | 20 | 19 | -  |    |
| P5     |       | SMISC           |    | -  | -  | -  | 22 | 21 |    |
| P6     |       | SMISC           |    | -  | 23 | -  | -  | 24 |    |
| THICK  |       | NMISC           |    | 49 | -  | -  | -  | -  |    |
| Top    |       |                 |    |    |    |    |    |    |    |
| S:1    |       | NMISC           |    | -  | 1  | 6  | 11 | 16 |    |
| S:2    |       | NMISC           |    | -  | 2  | 7  | 12 | 17 |    |
| S:3    |       | NMISC           |    | -  | 3  | 8  | 13 | 18 |    |
| S:INT  |       | NMISC           |    | -  | 4  | 9  | 14 | 19 |    |
| S:EQV  |       | NMISC           |    | -  | 5  | 10 | 15 | 20 |    |
| Bottom |       |                 |    |    |    |    |    |    |    |
| S:1    |       | NMISC           |    | -  | 21 | 26 | 31 | 36 |    |
| S:2    |       | NMISC           |    | -  | 22 | 27 | 32 | 37 |    |
| S:3    |       | NMISC           |    | -  | 23 | 28 | 33 | 38 |    |
| S:INT  |       | NMISC           |    | -  | 24 | 29 | 34 | 39 |    |
| S:EQV  |       | NMISC           |    | -  | 25 | 30 | 35 | 40 |    |
|        |       | Corner Location |    |    |    |    |    |    |    |
|        |       | 1               | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
| FLUEN  | NMISC | 41              | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |

## SHELL43 单元的一些假定和限制

- 不允许出现零面积单元。当单元没有适当编号时很容易出现这种情况；
- 不允许出现零厚度单元或者在某个角点处单元逐渐变为零厚度；
- 在弯曲荷载和变厚度单元的情况下，会产生较差的应力结果，需要重新划分网格；
- 用三角形形式的单元会比用四边形单元产生更差的结果。但是，在热荷作用下，当单元过度弯曲变形时，三角形单元会比四边形单元产生更加精确的结果；
- 在热荷作用下，四边形 SHELL43 单元会在过度弯曲变形处产生不准确的应力结果；
- 应用横向热梯度假定在厚度方向线性变化；
- 此单元的平面外法向应力在厚度方向上线性变化；
- 横向剪应力（SYZ 和 SXZ）假定为常数，不随厚度变化；
- 考虑剪切变形；
- 没有弯矩的弹性矩形单元会得出不变的屈曲结果，如：节点处应力和质心处应力相同；
- 要得到线性变化的结果可用 SHELL63 单元（没有剪切变形）或者 SHELL93（没有中节点）；
- 三角性单元不是几何不变的，并且会产生一个不变的屈服结果；
- 只有集中质量矩阵可用。

## SHELL43 产品限制

没有特殊的限制。