

## 算例 5-001

### 实体单元 – 指定位移单元块测试

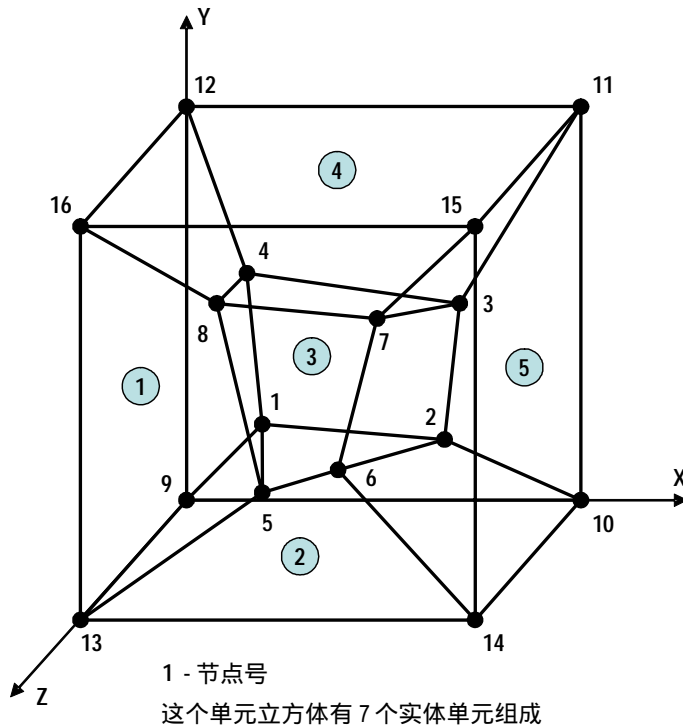
#### 问题描述

本例中，一个由 7 个不规则形状实体单元的单位立方体，将承受给定的在边的位移，理论上其应在单元上施加一个常应力场。几何属性和荷载在 MacNeal and Harder1985 中描述。从给定边位移而来的应力分量和内部位移与手算结果进行了比较。

节点 9 到 16 的 X、Y 和 Z 方向平动被约束。给定的位移施加于这些被约束的自由度。

本例使用了独立的模型来校验是否考虑独立弯曲模式的实体对象。

#### 几何和属性



节点坐标 (inches)			
节点	X	Y	Z
1	0.249	0.342	0.192
2	0.826	0.288	0.288
3	0.850	0.649	0.263
4	0.273	0.750	0.230
5	0.320	0.186	0.643
6	0.677	0.305	0.683
7	0.788	0.693	0.644
8	0.165	0.745	0.702
9	0	0	0
10	1	0	0
11	1	1	0
12	0	1	0
13	0	0	1
14	1	0	1
15	1	1	1
16	0	1	1

#### 材料属性

$E = 1,000,000 \text{ lb/in}^2$   
 $\nu = 0.25$

## 实体对象的连接

组成测试单位立方体的 7 个实体对象的节点连接形式在下面表格中进行了显示：

实体对象	Jt. 1	Jt. 2	Jt. 3	Jt. 4	Jt. 5	Jt. 6	Jt. 7	Jt. 8
1	1	9	1	12	4	13	5	16
2	2	9	10	1	2	13	14	5
3	3	1	2	4	3	5	6	8
4	4	4	3	12	11	8	7	16
5	5	2	10	3	11	6	14	7
6	6	5	6	8	7	13	14	16
7	7	9	10	12	11	1	2	4

## 荷载

荷载为给定的边位移  $U_x$ 、 $U_y$  和  $U_z$ ，其施加于节点 9 到 16。这些位移由下列方程定义。

$$U_x = \frac{2x + y + z}{2000}, \quad U_y = \frac{x + 2y + z}{2000}, \quad U_z = \frac{x + y + 2z}{2000}$$

下表显示了所施加的从前面方程对于每一边节点计算的位移。

PROGRAM NAME: SAP2000  
REVISION NO.: 2

节点	X (in)	Y (in)	Z (in)	Ux (in)	Uy (in)	Uz (in)
8*	0.165	0.745	0.702	0.00089	0.00118	0.00116
9	0	0	0	0	0	0
10	1	0	0	0.001	0.0005	0.0005
11	1	1	0	0.0015	0.0015	0.001
12	0	1	0	0.0005	0.001	0.0005
13	0	0	1	0.0005	0.0005	0.001
14	1	0	1	0.0015	0.001	0.0015
15	1	1	1	0.002	0.002	0.002
16	0	1	1	0.001	0.0015	0.0015

\* 节点 8 的位移没有利用在立方体上。这些结果没有与 SAP2000 位移结果进行对比。

## 所测试的 SAP2000 技术特性

- 使用实体单元的块测试
- 节点位移荷载

## 结果比较

独立结果是基于 MacNeal and Harder 1985 计算的。SAP2000 的应力结果，它是通过立方体的均匀应力，是在实体对象中心，对象 3 的节点 8 处读取的。节点 8 处的手算结果是使用前面标题“荷载”下的截面计算的。

### 具有独立弯曲模式

输出参数	应力分量	SAP2000	手算结果	误差
直接应力 lb/in <sup>2</sup>	$\sigma_{xx}$	2000	2000	0%
	$\sigma_{yy}$	2000	2000	0%
	$\sigma_{xy}$	2000	2000	0%
剪切应力 lb/in <sup>2</sup>	$\tau_{xx}$	400	400	0%
	$\tau_{yy}$	400	400	0%
	$\tau_{xy}$	400	400	0%
节点 8 位移 in	$U_x$	0.00089	0.00089	0%
	$U_y$	0.00118	0.00118	0%
	$U_z$	0.00116	0.00116	0%

## 不具有独立弯曲模式

输出参数	应力分量	SAP2000	手算结果	误差
直接应力 lb/in <sup>2</sup>	$\sigma_{xx}$	2000	2000	0%
	$\sigma_{yy}$	2000	2000	0%
	$\sigma_{xy}$	2000	2000	0%
剪切应力 lb/in <sup>2</sup>	$\tau_{xx}$	400	400	0%
	$\tau_{yy}$	400	400	0%
	$\tau_{xy}$	400	400	0%
节点 8 位移 in	$U_x$	0.00089	0.00089	0%
	$U_y$	0.00118	0.00118	0%
	$U_z$	0.00116	0.00116	0%

计算模型文件: Example 5-001-incomp, Example 5-001-comp

## 结论

SAP2000 的结果，无论是否具有独立弯曲模式，都显示了一个与手算结果一致的结果。