

算例 5-006

实体单元 – 静荷载下的 SCORDELIS-Lo 屋面

问题描述

本例分析了重力荷载下的一个单跨、柱面拱顶。将自由边中心的竖向位移与已发表的理论解进行了比较。另外，将支座和中心截面处的位移和弯矩与已发表的结果进行了比较。

MacNeal and Harder 1985 一书给出了模型的几何特性、属性和荷载。该屋面厚 3in.，支撑之间的跨度为 50ft.。在其弯曲端简支（约束了 U_z 自由度），其直边为自由边。屋面的半径为 25ft.，中心角为 40 度。按照 MacNeal and Harder 1985 一书的建议，只对其四分之一进行建模。

对四分之一屋面进行 16x16x1 剖分。模型的对称性通过约束实体对象顶部和底部沿屋面边节点 1、290、273 和 562 的 U_x 的自由度，约束实体对象顶部和底部沿屋面边节点 273、562、289 和 578 的 U_y 自由度。以及约束节点 273 和 562 的 U_x 和 U_y 两个方向的自由度。

荷载

本例的重力荷载为 90psf，即在面上作用-Z 方向的 90psf 的均布荷载。为了测试不同类型的荷载，两种不同工况的荷载按照两种不同方式输入，如下表所示。

荷载工况	荷载类型
SELF	自重荷载
GRAV	重力荷载

将混凝土的单位重量设置为 360 lb/ft³，以使重力荷载为 90psf。在重力方向（-Z）指定了 90psf 的均布荷载。

几何特性和属性

材料属性

$E = 432,000,000 \text{ lb/ft}$

$\nu = 0.0$

$G = 216,000,000 \text{ lb/ft}$

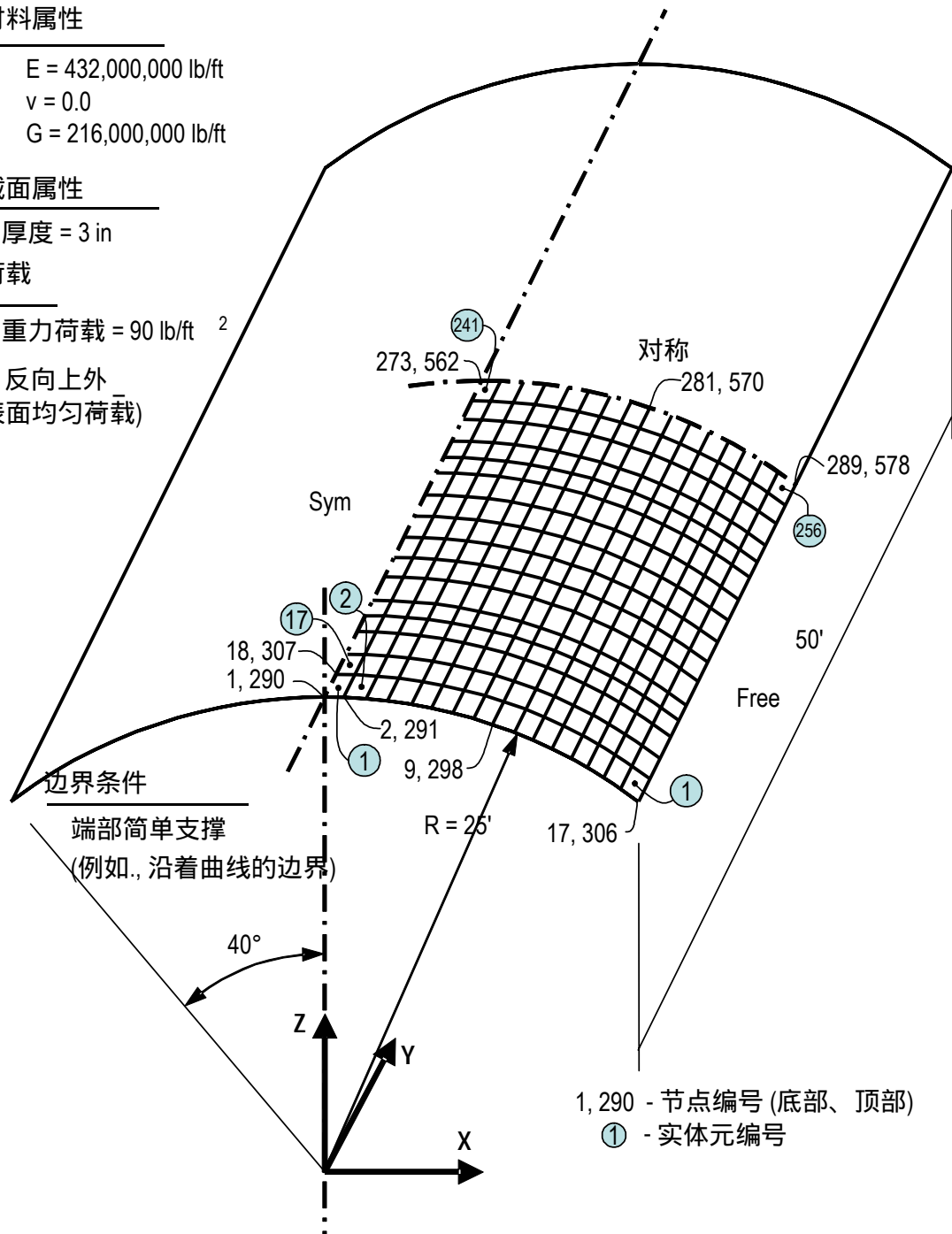
截面属性

厚度 = 3 in

荷载

重力荷载 = 90 lb/ft^2

(Z 反向上外
表面均匀荷载)



1, 290 - 节点编号 (底部、顶部)

① - 实体元编号

所测试的 SAP2000 技术要点：

- 采用实体元的三维分析
- 施加于实体元的自重荷载
- 施加于实体元的重力荷载

结果比较

MacNeal and Harder 1985 发表了自由边中心竖向位移的手算解。根据 Zienkiewicz 1977 的图形结果按比例得到了支座和中心截面处的位移和弯矩，该图形结果是 Zienkiewicz 1977 一书中按照 Scordelis and Lo 1964 的原理得到的。

自由边中点的竖向变形

输出参数	SAP2000	独立解	误差
U_z ft 节点 289 和 578 的平均值	-0.3120	-0.3086	+1%

支撑的轴向变形

角度	输出参数	SAP2000	独立解	误差
0°	U_y ft 节点 1 和 290 的平均值	0.0001	0.0004	-2%
20°	U_y ft 节点 9 和 298 的平均值	0.0027	0.0030	-2%

PROGRAM NAME: SAP2000
REVISION NO.: 2

40°	U _y ft 节点 17 和 306 的平 均值	-0.0126	-0.0125	+1%
-----	--	---------	---------	-----

* 根据 Zienkiewicz 1977 第 350 页图 13.11c 按比例 (估计) 得出该手算解。

** 差值百分比是基于最大手算解 0.0125 得出的。

在截面中心的竖向位移

角度	输出参数	SAP2000	独立解	误差
0°	U _z ft 273 和 562 的平 均值	0.031	0.048	-5%
20°	U _z ft 281 和 570 的平 均值	-0.091	-0.080	+3%
40°	U _z ft 289 和 578 的平 均值	-0.312	-0.315	-1%

* 根据 Zienkiewicz 1977 第 350 页图 13.11b 按比例 (估计) 得出该手算解。

** 差值百分比是基于最大手算解 0.315 得出的。

计算模型文件: Example 5-006

结论

总体而言, SAP2000 结果与手算解的差别都是可以接受的。SAP2000 的自由边中心的竖向位移与理论解的差别不到 1%。

考虑到手算解是从已发表的图形结果中按比例得到, 支座处和中心截面的位移和弯矩结果比较是较好的。

-Z 方向的面上均布荷载是作为自重、重力荷载这两种不同荷载工况输入的。这两种工况的结果一样。