

算例 5-007

实体单元 – 静荷载下的半球膜结构

问题描述

在本例中，使用了一个实体元模拟的半球膜结构，并分析其在围绕四分之一半球面边节点作用相互垂直的四个 2-kip 荷载下的反应。施加荷载节点处在节点荷载方向的变形，程序计算结果将与出版物独立计算的结果进行比较。

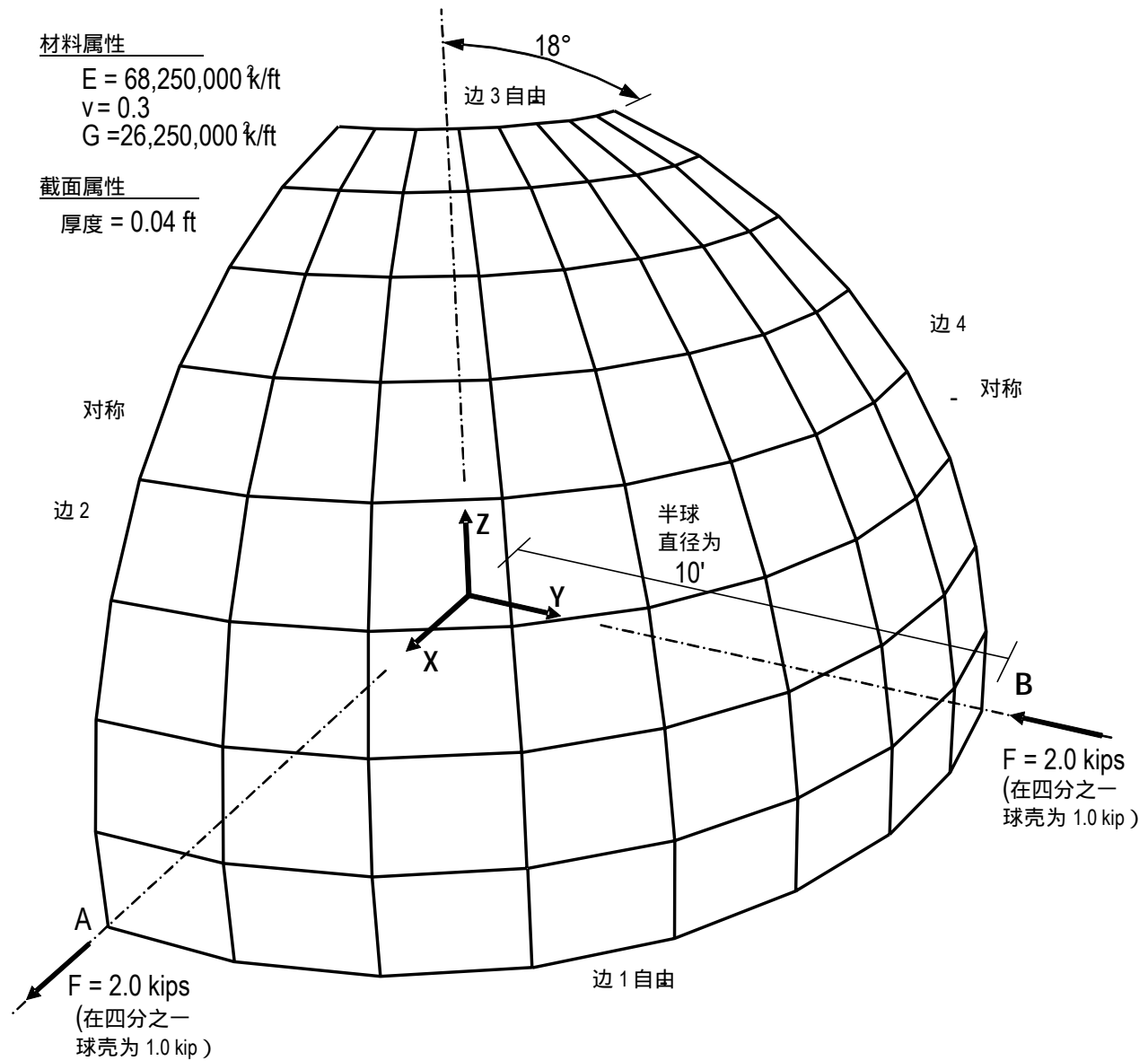
本例中的几何、属性和荷载都是 MacNeal and Harder 1985 所建议的。厚度为 0.04 米的半球壳半径为 10 米。球壳的顶部引入了一个洞口，是为了避免出现三角形单元。

半球壳顶部和底部边都是自由状态。象 MacNeal and Harder 1985 所描述的一样，模型只建立了四分之一的半球膜结构。

对称的边缘约束条件被引入到四分之一半球壳。对称条件是通过约束所有沿边 2 全局坐标 Y 方向和边 4 全局坐标 X 方向的约束来完成的。边的编号通过下图给出。一个竖向的约束是施加在边 1 中点节点来保证结构的稳定性。

为了研究这个问题，两个模型在本例中被建立。模型 A 使用了 16x16x1 的结构剖分形式，实体元各个面的比例接近 25:20:1。模型 B 使用了 48x48x1 的结构剖分形式，实体元各个面的比例接近 8:7:1。

几何、属性和荷载



所测试的 SAP2000 技术要点：

- 使用实体元的三维分析
- 节点荷载

结果比较

MacNeal and Harder 1985 预示了当膜结构顶部不存在洞口时，施加荷载的节点在荷载方向上为 0.0924 米，并在理论上出现一个较低的跳跃，进一步的文献建议当中心有洞口存在时，这一值取为 0.0940 米。本例中我们使用 0.0940 米作为比较数值。

输出是在节点 A 和 B 处获得，它们在四分之一球壳的底部角点位置，如前面的图所示。

输出参数	剖分	SAP2000	独立结果	误差
U _x (节点 A) ft	16x16x1	0.0701	0.0940	-25%
节点 A 两个节点的平均值	48x48x1	0.0930		-1%
U _y (节点 B) ft	16x16x1	-0.0701	-0.0940	-25%
节点 A 两个节点的平均值	48x48x1	-0.0930		-1%

计算模型文件: Example 5-007a, Example 5-007b

结论

SAP2000 结果给出了在足够的剖分细度的情况下，与手算结果之间可以接受的差异。

作为前面的注释，对于 16x16x1 的剖分，实体元各个面的比例接近 25:20:1，对于 48x48x1 的剖分，实体元各个面的比例接近 8:7:1。各个面在剖分为 16x16x1 是足够大给出可以接受的结果。