

## SAP2000 中线性屈曲分析

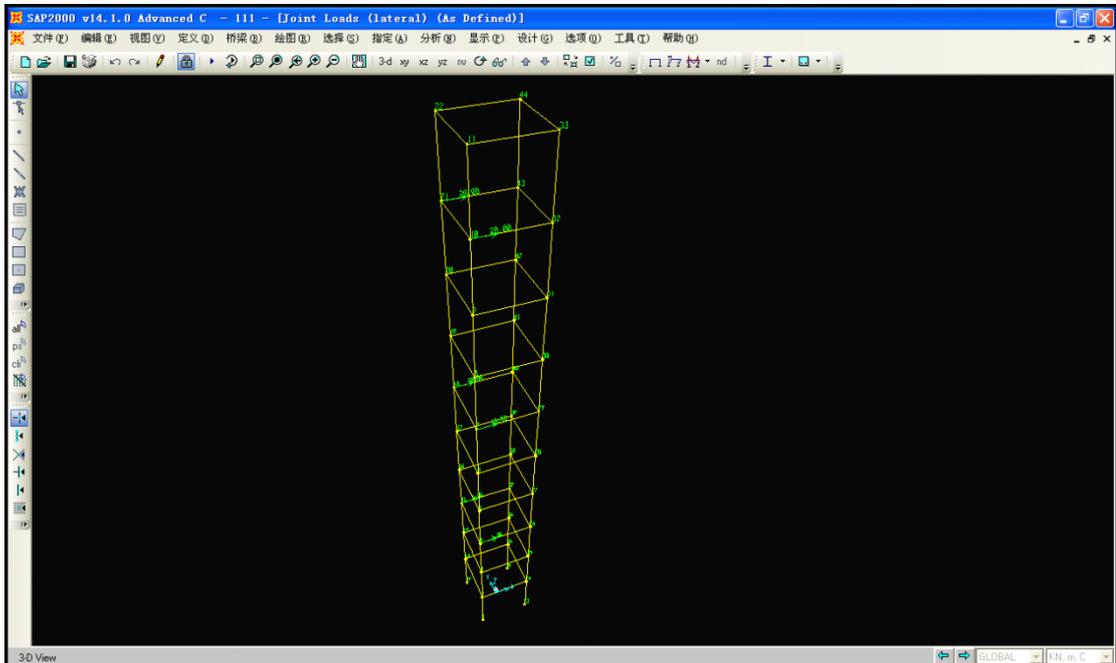
结构分析中的几何非线性问题，常见于结构大挠度（大位移）问题。由于结构变形大，影响了荷载的作用方向，平衡方程必须建立在变形后的几何位置上，这给微分方程的求解带来了很大困难。从某种意义上可以说，任何复杂的非线性问题，都是因为偏微分方程的求解求解困难造成的，我们知道，大部分偏微分方程的精确解是求不出来，我们常用的都是偏微分方程的数值解法，是一种近似的解法，所以非线性分析的结果，跟所选用的数值解法有很大关系，同时跟荷载的加载顺序也有关系，非线性分析的结果是不可逆的，他的结果跟整个非线性的分析过程步骤密切相关。

结构失稳是指在外力作用下结构的平衡开始丧失，稍有扰动变形迅速增大，最后使结构破坏的力学行为。稳定问题一般分为两类：一类是理想化的情况，即达到某种荷载时，除原来的结构状态存在外，还可能出现第二个平衡状态，所以又称为平衡分岔失稳或分支点失稳，这种问题在数学处理上是特征值问题，故又称特征值屈曲，此类结构失稳时相应的荷载称为屈曲荷载。第二类结构失稳时不会出现新的变形形式，即平衡状态不发生质变，但当荷载增大到某个极值点时，即使荷载不再增加变形也会迅速增大而使结构破坏，因此这种失稳也称极值点失稳。此类结构失稳时相应的荷载称为极限荷载。SAP2000 的屈曲分析工况在于解决线性屈曲问题，即第一类失稳问题，在分析过程中部需要考虑结构的非线性属性。对于非线性屈曲问题，在 SAP2000 中可以通过定义非线性静力工况来模拟。

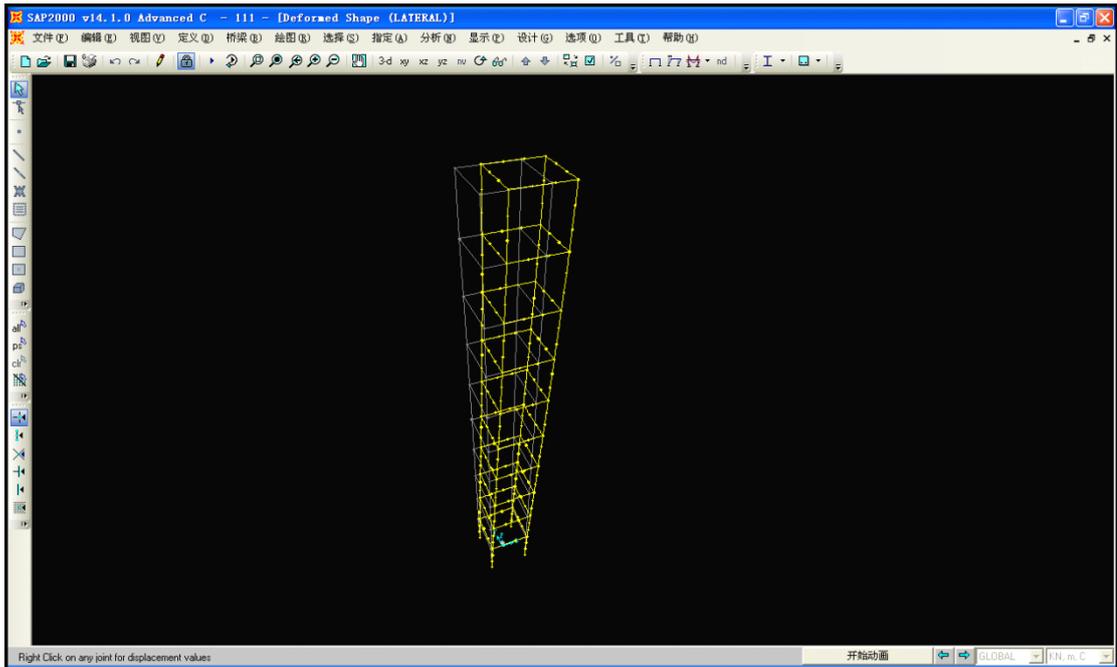
下面是屈曲分析的实例

第一阶段：线性静力分析

1. 建立如图所示 SAP2000 有限元模型。该框架长宽高分别为 3m $\times$ 3m $\times$ 3m $\times$ 10，材料采用中国规范 Q235 钢才，截面采用箱型截面 180X180X8（单位 MM）。底板支座固结，分别在结构 3,6,9 层两个节点施加 X 向水平节点荷载 5,10,20KN。

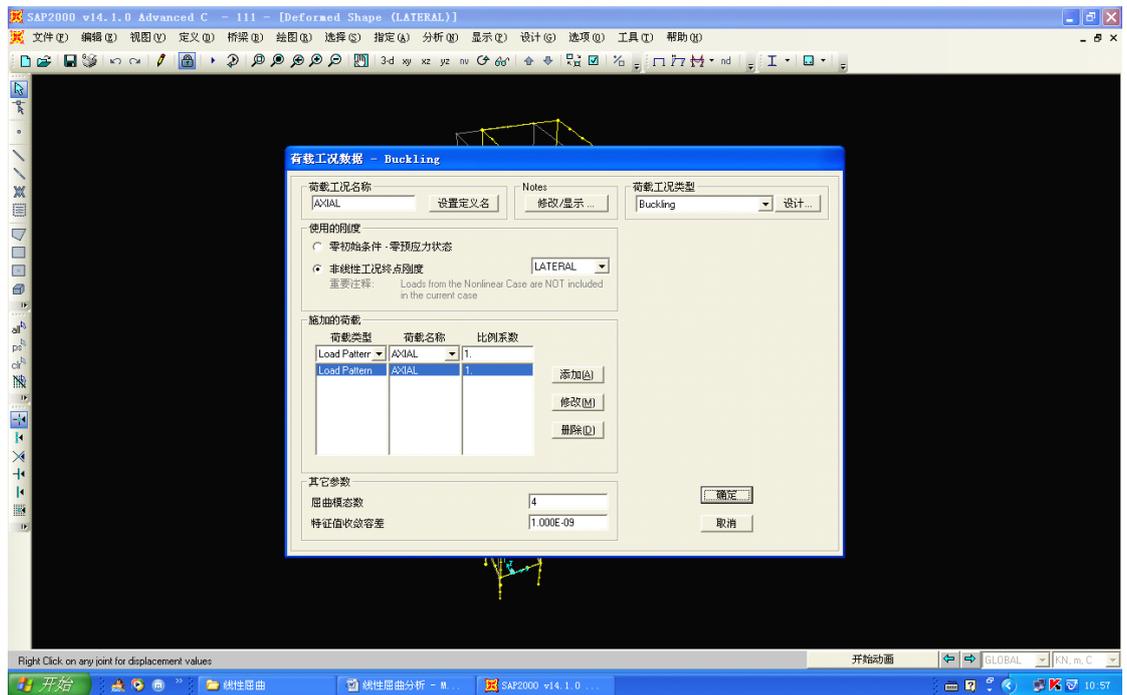


2. 运行后结构变形如下图所示

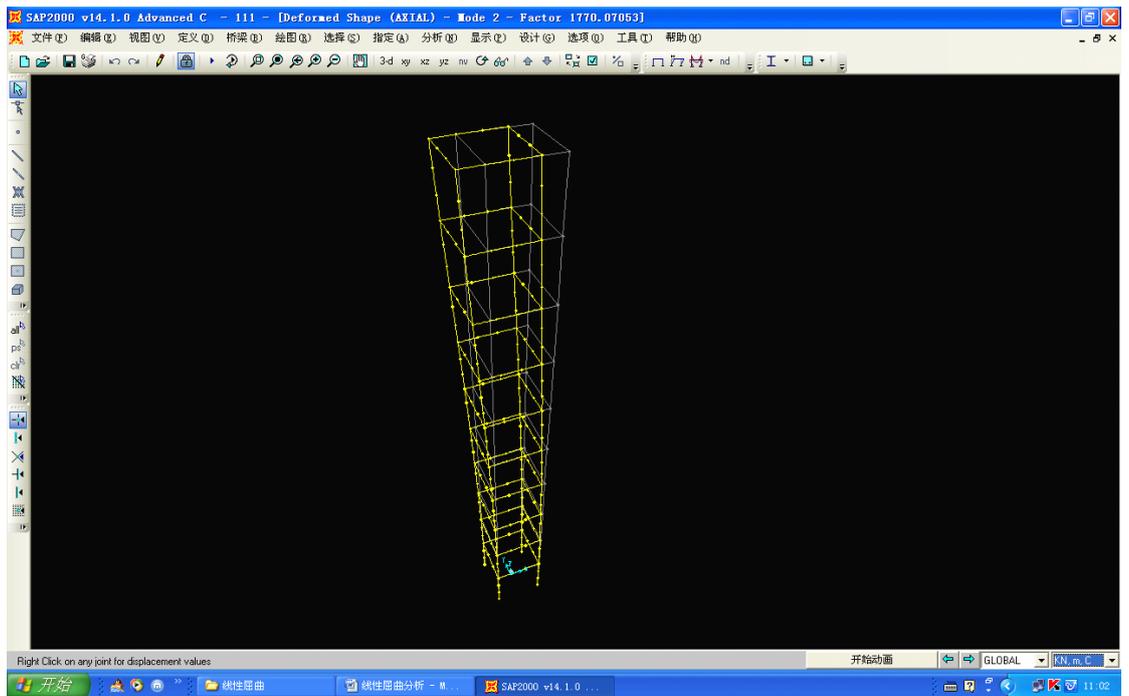
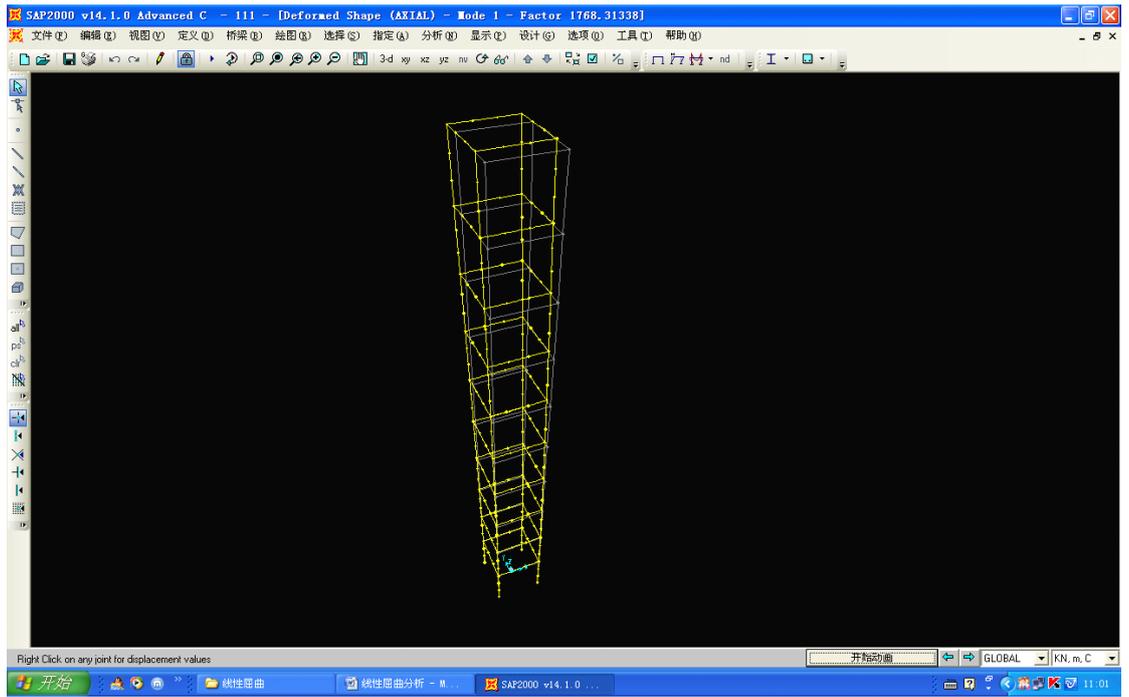


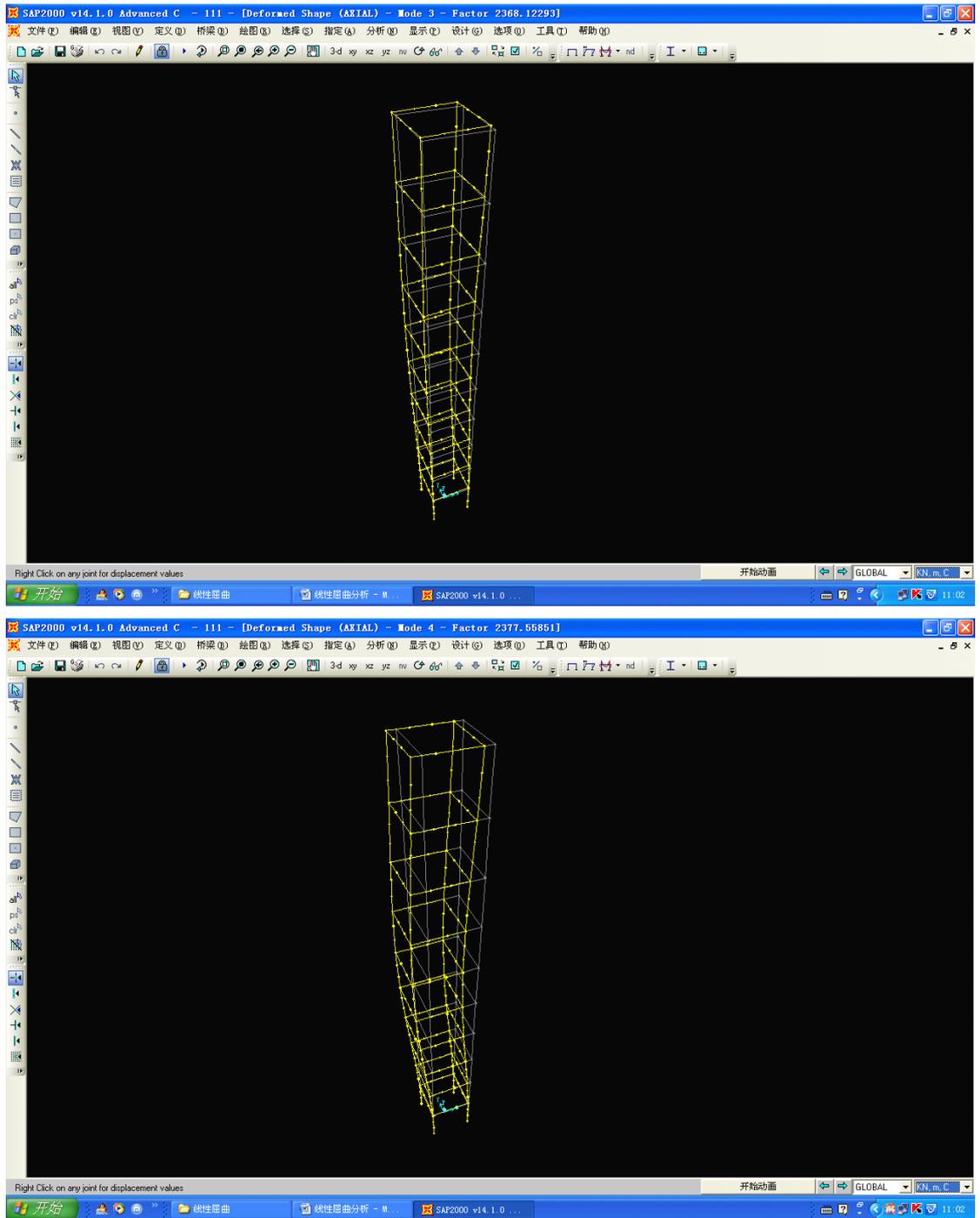
## 第二阶段：屈曲分析

1. 解锁模型
2. 定义荷载模式，在结构顶部四个节点施加单位节点力，方向 Z 轴负向。
3. 定义屈曲荷载工况如下图所示

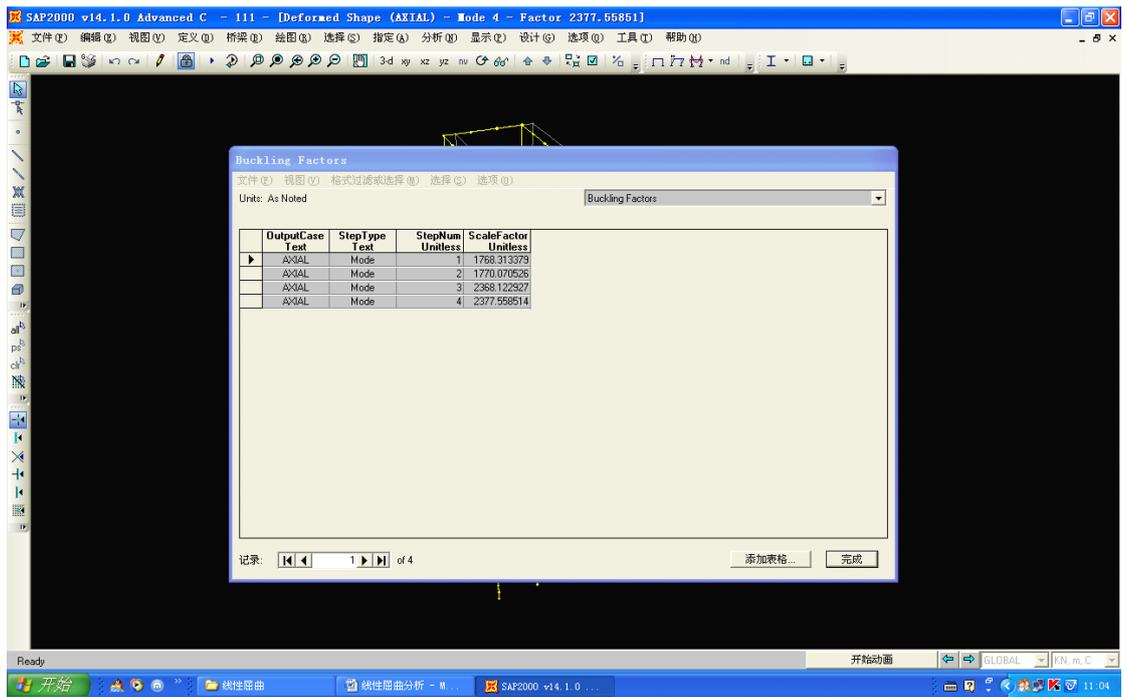


4. 运行后前四阶屈曲模态如下图所示





5. 下图为屈曲系数



小结，本文通过一个简单的实例介绍了 SAP2000 的屈曲分析步骤，并且考虑 P- $\Delta$  效应确定结构的屈曲荷载。