

某楼梯结构静力分析

1.1 问题描述

如下图 1 所示，楼梯截面形式为边钢梁厚 20mm 宽 140mm，踏板厚 10mm 宽 300mm 上铺有 30mm 厚木板，楼梯的跨度为 $L=16 \times 0.3\text{m}=4.8\text{m}$ ，高度为 $H=16 \times 0.175\text{m}=2.8\text{m}$ ，采用 Q345 级钢，弹性模量为 $2.06 \times 10^{11}\text{MPa}$ ，泊松比为 0.3，密度为 $7.8 \times 10^3 \text{kg/m}^3$ 。该楼梯按照竖向均布荷载 4.52kN/m 布置；支座按照铰接施加相应约束：约束施加情况分别如下图 1 所示，本文分别采用 SAP2000 以及 ANSYS 软件建立了杆系模型以及壳体模型，对此楼梯进行了静力分析、模态分析。

SAP2000 静力分析时，其荷载工况为：恒载起主要作用，活载起主要作用，以及恒载起有利作用三种情况。通过计算得知，活载起主要作用的工况，其结构反应最大，因此将此工况荷载布置情况作为 ANSYS 荷载条件，施加在模型上。

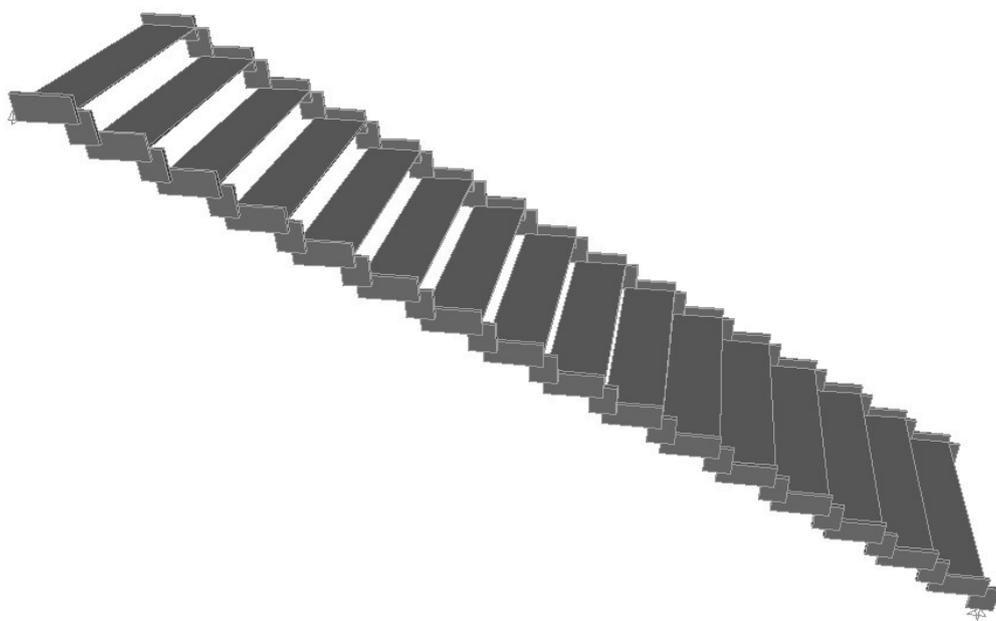


图 1.1 SAP2000 杆系楼梯模型一

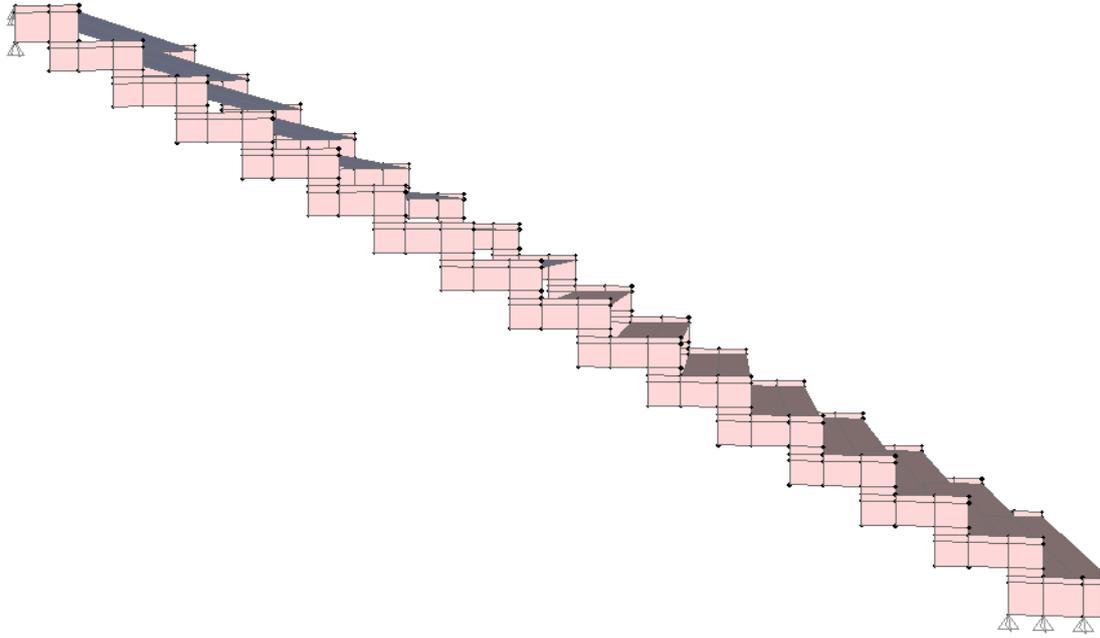


图 1.2 SAP2000 壳体楼梯模型二

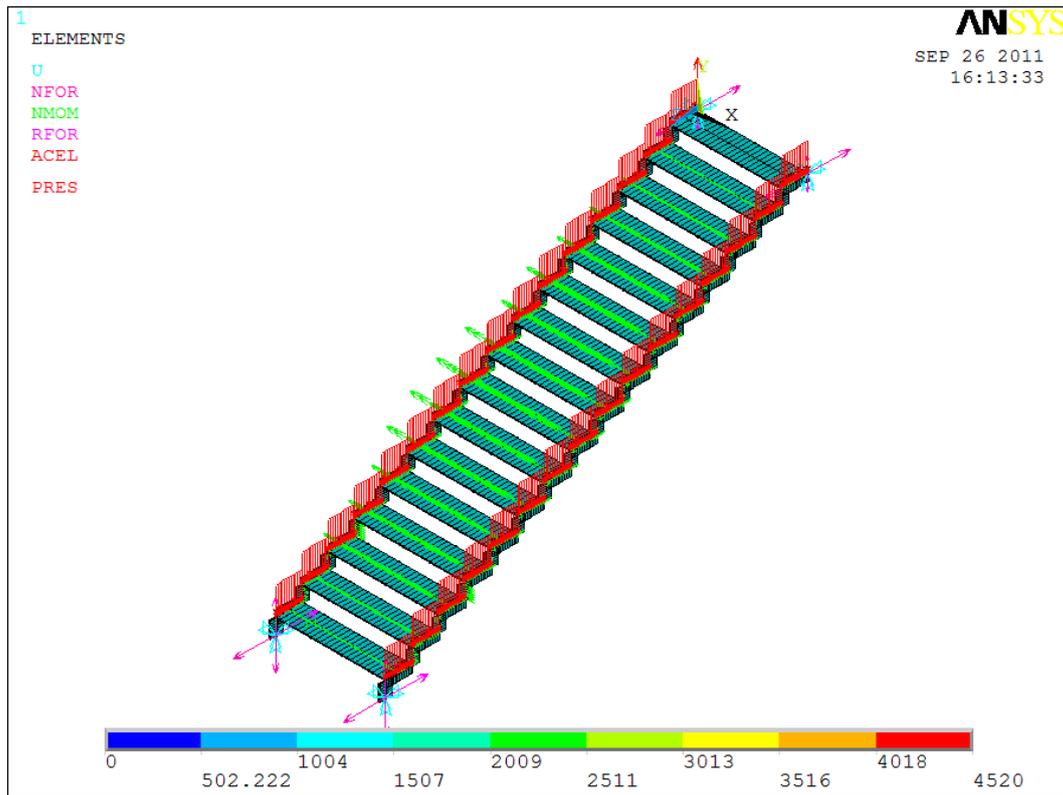


图 1.3 ANSYS 杆系单元楼梯模型三

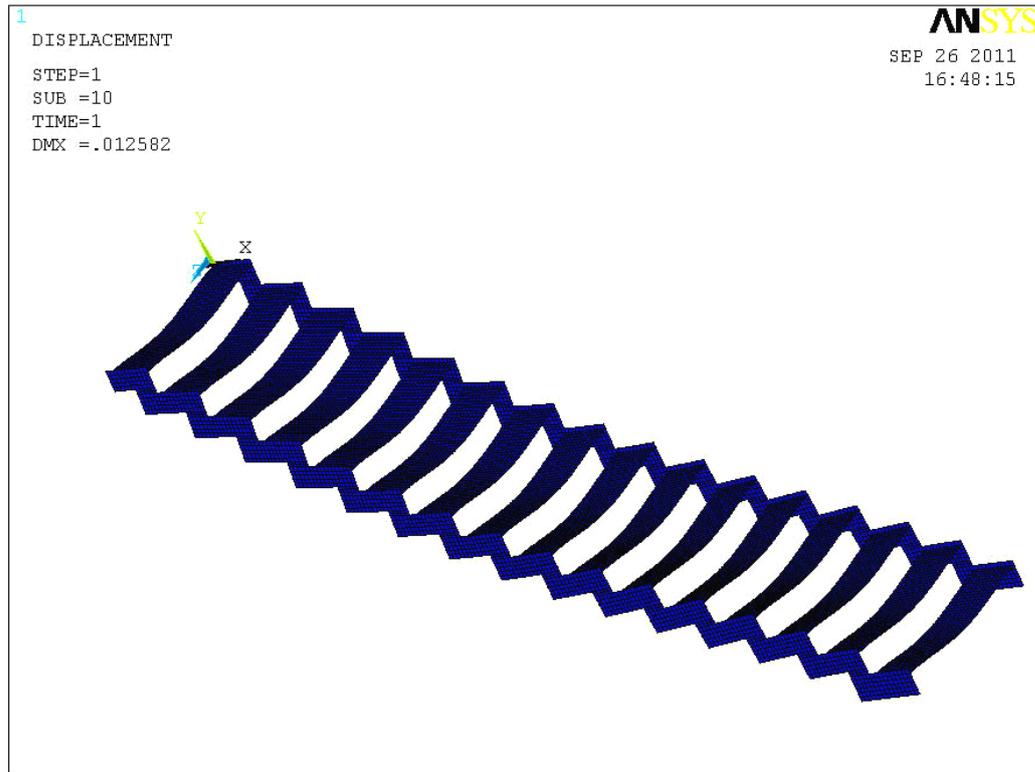


图 1.4 ANSYS 壳体单元楼梯模型四

1.2 楼梯静力分析

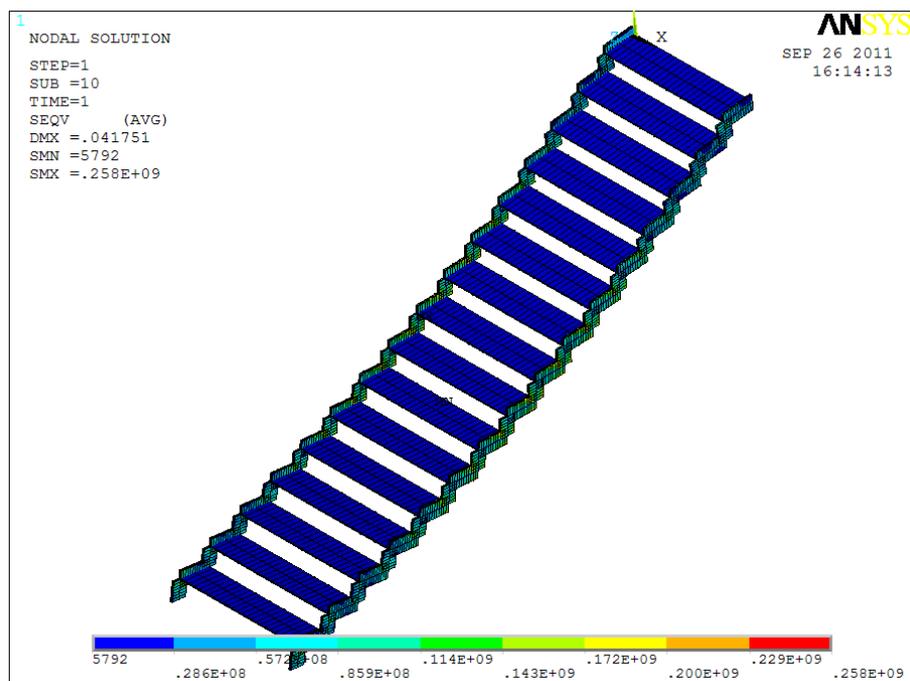


图 1.5 ANSYS 杆系单元楼梯等效应力图（钢梁平均最大等效应力在 100MPa 左右）

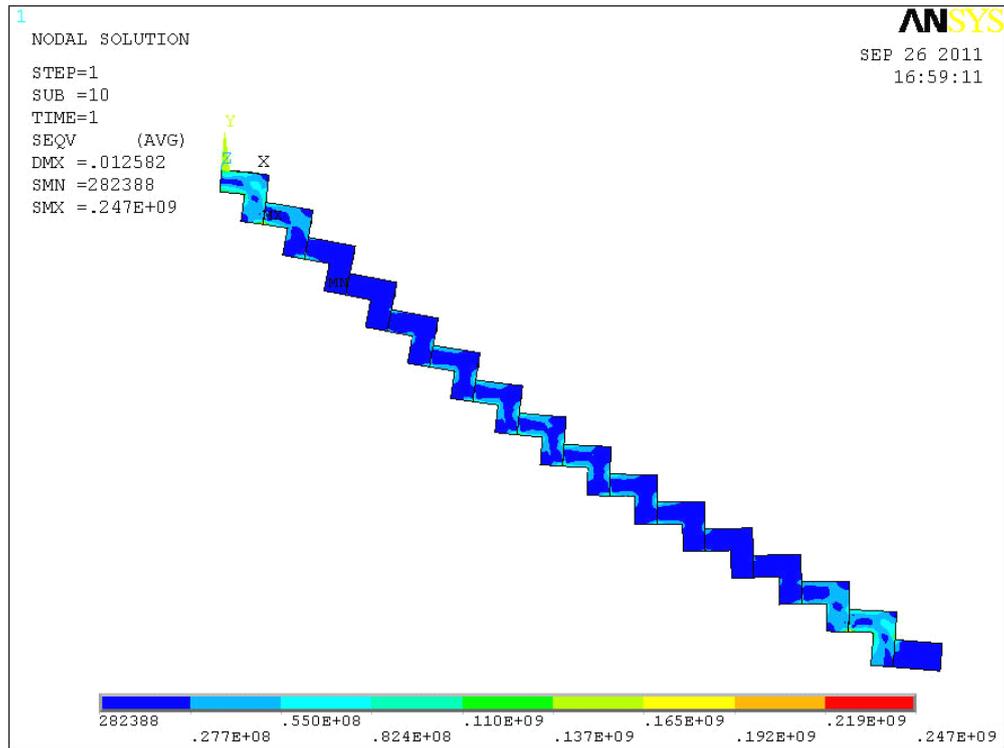


图 1.6 ANSYS 壳体单元楼梯等效应力图（钢梁平均最大等效应力在 100MPa 左右）

表 1.1 楼梯模型静力计算结果对比（单位：kN, kN.m, MPa）

模型	支座反力	等效最大应力 (MPa)	平均最大等效应力 (MPa)
ANSYS	BEAM188	51.23	100
	Shell63	51.25	130
SAP2000	杆系	52.86	--
	壳体	52.85	120

通过应力图显示，梯梁的最不利位置发生在离支座最近的两跑的梁转折处。

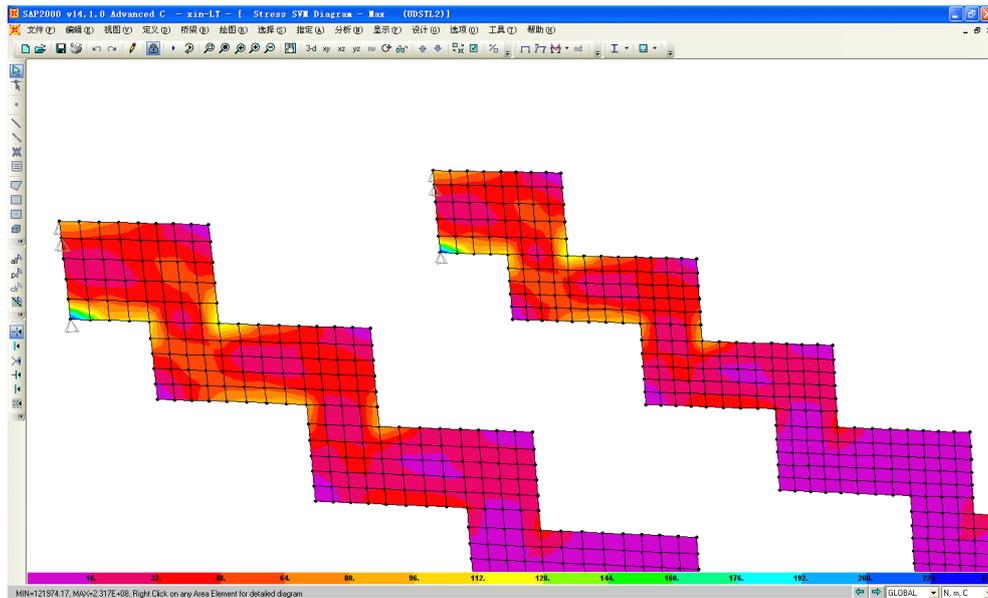


图 1.7 sap 壳体单元楼梯等效应力图（上支座处）

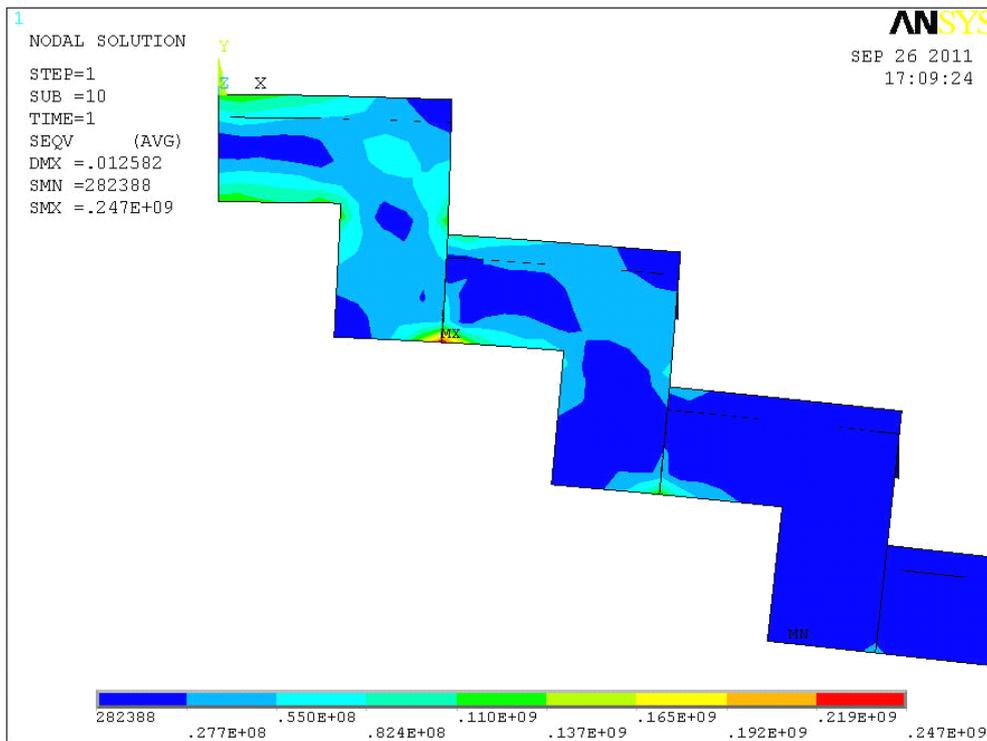


图 1.8 ANSYS 壳体单元楼梯等效应力图（上支座处）

1.3 楼梯模型模态分析

Sap2000 采用定义质量源的方法，将模态计算所需的质量加载。采用两种方法：

- (1) 采用建筑抗震规范中的重力荷载代表值的规定，计算结构在一倍恒荷载与 0.5 倍活荷载作用下的自振特性。
- (2) 计算结构的基本自振特性，仅考虑结构自身重量作用。

ANSYS 壳单元采用相应的两种模态计算方法。

(1) 采用建筑抗震规范中的重力荷载代表值的规定，计算结构在一倍恒荷载与 0.5 倍活荷载作用下的自振特性。将荷载折算成质量，平均分配给踏板，修改踏板的密度，从而将荷载考虑到自重中进行计算。

(2) 计算结构的基本自振特性，仅考虑结构自身重量作用。

表 1.2: 杆系楼梯模型模态计算频率表

结构自振频率 (HZ)					振型
模态阶数	Sap 杆系		ANSYS-BEAM188		
	第一种	第二种	第一种	第二种	
1	5.13	2.63	5.22	2.41	左右振动
2	6.47	3.32	6.53	3.02	上下振动
3	6.96	3.57	8.94	4.12	左右扭转
4	11.30	5.79	11.58	5.35	上下扭转
5	18.49	9.50	18.14	9.37	中部上下扭转

表 1.3: 壳体楼梯模型模态计算频率表

结构自振频率 (HZ)					振型
模态阶数	Sap 壳单元		ANSYS-shell63		
	第一种	第二种	第一种	第二种	
1	6.52	3.34	6.48	3.32	左右振动
2	14.52	7.16	13.21	6.54	上下振动
3	14.60	7.44	14.26	7.33	左右扭转
4	20.08	12.32	18.34	11.35	上下扭转
5	25.16	12.33	24.78	12.08	中部上下扭转