

柯 江. 梁和框架塑性极限分析的新方法. 山西建筑, 2013, 39(16): 40-41
Jiang Ke. A new method of plastic limit analysis for beams and frames. Shanxi Architecture, 2013, 39(16): 40-41
DOI: [10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2013.16.061](https://doi.org/10.13719/j.cnki.cn14-1279/tu.2013.16.061)

梁和框架塑性极限分析的新方法

柯 江

(陕西理工学院土建学院, 陕西 汉中 723001)

摘 要: 采用一种固体新单元模型来进行梁和框架的塑性极限分析, 再与结构塑性极限分析法进行对比, 可以发现两种方法得到的极限荷载很吻合。

关键词: 理想弹塑性, 极限分析, 单元模型

中图分类号: 0344.5

文献标志码: A

A new method of plastic limit analysis for beams and frames

KE Jiang

(School of Civil Engineering and Architecture, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723001, China)

Abstract: The plastic limit of beams and frames have analyzed by using a new element model of solid bodies, compared with the plastic limit analysis method, it can be found that the limit load of the two methods are in good agreement.

Key words: elastic perfectly-plastic, limit analysis, element model

0 引言

梁和框架是工程中广泛采用的结构类型。目前, 梁和框架塑性极限分析的方法有两类: 第一类方法是研究随荷载的增加, 结构由弹性状态过渡到弹塑性状态, 最后达到塑性极限状态, 这类方法是以弹塑性理论为基础的研究方法, 但这种方法由于数学上的困难, 只有极少数很简单问题才能得到解析解; 第二类方法是假设材料是刚塑性的, 并按塑性变形规律研究结构达到塑性极限状态时的行为, 该理论即为结构塑性极限分析理论, 在塑性极限分析中, 由于不考虑弹性变形, 分析问题大为简化, 而得到的塑性极限荷载与考虑弹塑性过程时得到的结果完全一致^[1]。笔者在文献[2,3]根据广义虎克定律和叠加原理, 提出了一种正交各向异性的线弹性固体的新单元模型, 通过新单元模型来求解弹性力学问题, 在文献[4,5]又把新单元模型推广到理想弹塑性材料。为了求解梁和框架的塑性极限荷载, 本文将通过新单元法与传统的结构塑性极限分析法进行具体算例的对比分析。

1 新单元法

在文献[5]中建立的新单元模型可以求解任意泊松比的各向同性的理想弹塑性材料和特殊的正交各向异性的理想弹塑性材料, 而在文献[4]中建立的新单元模型只可以求解特殊泊松比的各向同性的理想弹塑性材料(属于文献[5]中新单元模型的特例)。由塑性力学可知, 对于各向同性的理想弹塑性材料的梁和框架, 其塑性极限荷载与泊松比无关, 故本文在求解梁和框架塑性极限荷载时, 取泊松比为 1/3。在把梁和框架划分成若干新单元组成时, 均采用在截面高度方向划分为 2 个新单元。

2 计算实例

本文选取了 3 个典型算例进行分析, 都属于平面应力问题。在下列的计算中, 统一取如下的参数: 弹性模量 $E=2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, 泊松比 $\nu=1/3$, 屈服应力为 300 N/mm^2 , 简支梁和

框架的梁柱的截面尺寸均为 $b \times h=200 \text{ mm} \times 400 \text{ mm}$ 。在采用新单元模型计算时, 划分的每一个新单元在两个方向的尺寸均为 200 mm , 三种杆件的截面面积分别为: $A_1=A_2=1.5 \times 10^4 \text{ mm}^2$, $A_3=2.12132 \times 10^4 \text{ mm}^2$, 截面面积为 A_1 、 A_2 的杆件屈服应力为 300 N/mm^2 , 截面面积为 A_3 的杆件屈服应力为 100 N/mm^2 , 三种杆件的弹性模量均为 $2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, 采用 Abaqus 软件求解。

2.1 简支梁

简支梁的尺寸及荷载情况如图 1 所示。在极限状态下, 由结构塑性极限分析法得到的极限荷载为 $q=3333.3 \text{ N/mm}$ 。根据新单元法计算得到的塑性极限荷载为 $q=3333.3 \text{ N/mm}$, 与结构塑性极限分析法的解完全一致, 简支梁的塑性区的分布如图 2 所示, 与结构塑性极限分析法的塑性较分布(图 3)非常吻合。

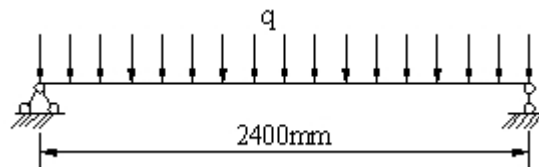


图 1 简支梁的尺寸及荷载

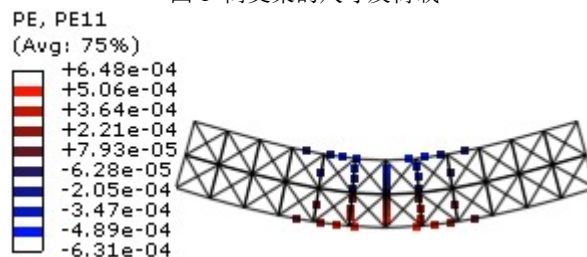


图 2 新单元法的塑性区分布

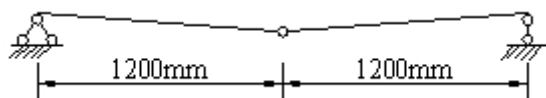


图3 塑性极限分析法的塑性铰分布

2.2 框架1

框架1的尺寸及荷载情况如图4所示。在极限状态下，由结构塑性极限分析法得到的极限荷载为 $q=1775.5\text{N/mm}$ 。根据新单元法计算得到的塑性极限荷载为 $q=1785.3\text{N/mm}$ ，与结构塑性极限分析法的偏差为0.55%，框架的塑性区的分布如图5所示，与结构塑性极限分析法的塑性铰分布（图6）非常吻合。

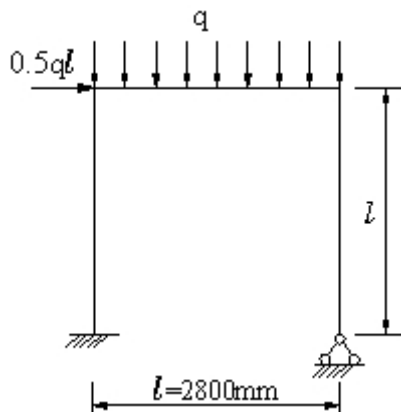


图4 框架1的尺寸及荷载

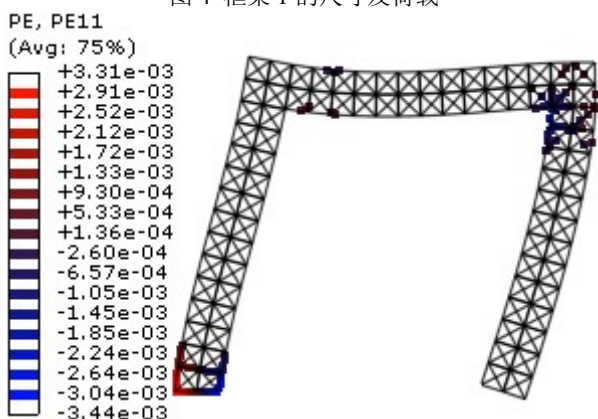


图5 新单元法的塑性区分布

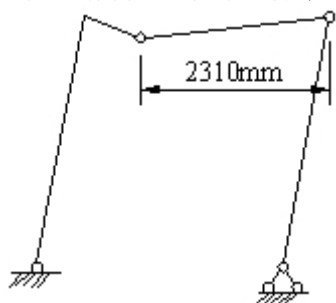


图6 塑性极限分析法的塑性铰分布

2.3 框架2

框架2的尺寸及荷载情况如图7所示。在极限状态下，由结构塑性极限分析法得到的极限荷载为 $P=1.466 \times 10^6\text{N}$ 。根据新单元法计算得到的塑性极限荷载为 $P=1.543 \times 10^6\text{N}$ ，与结构塑性极限分析法的偏差为5.25%，框架的塑性区的分布如图8所示，与结构塑性极限分析法的塑性铰分布（图9）非常吻合。

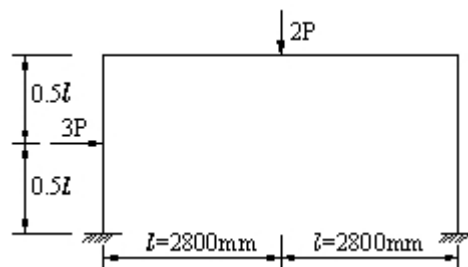


图7 框架2的尺寸及荷载

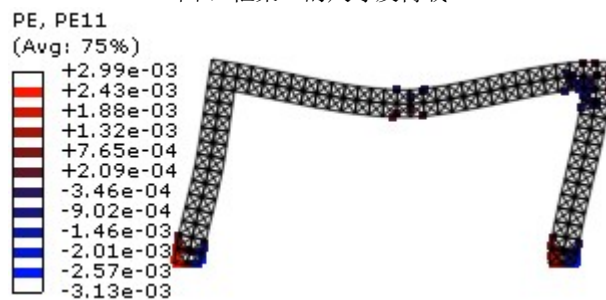


图8 新单元法的塑性区分布

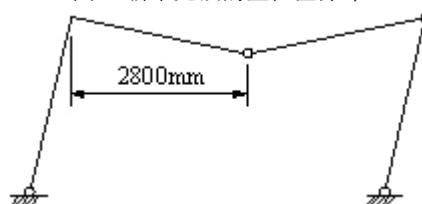


图9 塑性极限分析法的塑性铰分布

3 结语

在理论上和工程中，确定梁和框架的塑性极限荷载具有重要意义，本文通过新单元法与传统的结构塑性极限分析法的对比分析，可以发现两种方法得到的极限荷载很吻合，若框架采用塑性极限分析法时考虑轴力效应（但难度很大），两种方法得到的结果会更接近。

参考文献：

- [1] 徐秉业,刘信声. 结构塑性极限分析[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1985.
- [2] 柯江. 弹性固体的新单元模型[J]. 山西建筑,2012,38(19):58-59.
- [3] KE Jiang. A New Model of Orthotropic Bodies [C]. Applied Mechanics and Materials, August, 2012, Vols.204-208: 4418-4421.
- [4] 柯江. 基于固体新单元模型分析理想弹塑性问题[J]. 山西建筑,2012,38(36):42-43.
- [5] KE Jiang. Applications of a New Element Model of Solid Bodies in Plasticity [C]. Advanced Materials Research, March, 2013, Vols.690-693: 1800-1805.