

荷载作用下塑性和脆性材料断裂破坏实质 的分析与比较*

刘雅君, 郝艳娥, 闫竹玲, 崔宝龙

(延安大学 物理与电子信息学院, 陕西 延安 716000)

摘要: 通过对塑性材料和脆性材料在外荷载作用下破坏时断口的分析与比较, 说明两类材料对于同一种(或者不同种)荷载, 破坏时形成的断口尽管不同, 但实质上都是断口处的某种应力达到了极限值而产生的剪切破坏或拉伸破坏。

关键词: 塑性; 脆性; 拉压; 扭转; 弯曲; 应力。

中图分类号: O 351; O 313 3

文献标识码: A

文章编号: 1004-602X (2006)04-0039-02

工程上常用的塑性材料(如低碳钢、合金等)和脆性材料(如铸铁、混凝土等)是两类性能完全不同的材料。在外荷载作用下发生破坏时, 断口的形状往往各异, 但实质上都是断口处的某种应力达到了极限值而引起的破坏。如脆性材料, 它的抗拉强度和抗剪强度小于其抗压强度, 如果某方位截面上的拉应力达到了极限值, 材料则从该处被拉伸破坏, 剪应力达到了极限值则发生剪切破坏。而塑性材料它的抗剪强度远小于其抗拉强度, 若某方位截面上的剪应力达到了极限值, 从而引起剪切破坏。而且不管是拉、压荷载, 还是扭转、或是弯曲荷载, 塑性材料产生剪切破坏, 脆性材料则发生拉伸破坏或剪切破坏。本文就该问题试作如下分析。

1 拉压荷载作用

对于塑性材料, 如截面积为A的钢杆, 受轴力P的作用产生拉伸变形, 如图1所示。在轴力P的作用下, 其横截面上有最大的拉应力 $\sigma = \frac{P}{A}$, 又由材料力学公式^[1]

$$\tau_{\theta} = \frac{1}{2} \sigma \sin 2\theta \quad (1)$$

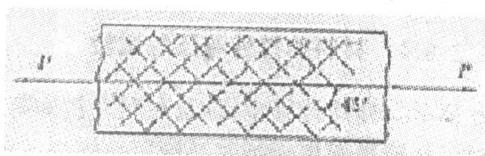


图1

可知, 在与杆轴线成 $\theta = \pm 45^\circ$ 的斜截面上有 $\tau = \frac{1}{2} \sigma$ 的最大剪应力, 在此, 虽然最大剪应力小于最大拉应力, 但由于塑性材料的抗剪性能较抗拉性能差, 杆往往沿剪应力最大的斜截面滑移破坏, 这也就是我们所看到的, 钢筋在拉伸过程中, 屈服时在其表面出现的如图1所示的滑移线。随着荷载的增大, 先在中心部分沿横截面断开, 然后沿45°斜截面剪断。而且塑性材料在轴向压缩时, $\pm 45^\circ$ 的斜截面上的剪应力也最大, 也出现类似于图1的滑移线。

脆性材料如灰口铸铁, 在轴向拉伸破坏时, 断口是沿横截面的齐茬, 压缩破坏时, 断口则是斜茬, 如图2(a)(b)所示。这是因为脆性材料的抗拉性能与抗剪性能较抗压性能差, 拉伸时横截面有最大的拉应力; 压缩时的情况则类似于塑性材料, 也即, 横截面

* 收稿日期: 2006-08-30

作者简介: 刘雅君(1954-), 女, 陕西黄陵县人, 延安大学教授。

上的正应力为 $\sigma = \frac{P}{A}$, 与轴线大致成 45 的斜截面上有最大的剪应力, 故而沿 45 斜截面被剪切破坏。

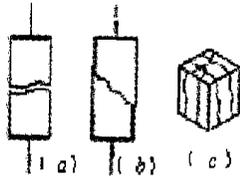


图2

值得说明的是, 以上讨论应是一般规律, 实际中断口形成还与个别材料有关。象石料和混凝土这些脆性材料的破坏又有不同, 在受轴向压缩时则出现纵向裂缝, 如图2(c)所示。这是因为加压时, 横向尺寸变大, 横向线应变超过了极限值所导致的破坏。

2 扭转问题

对于如图3(a)所示的圆截面轴, 受外力偶作用, 轴产生扭转变形破坏时, 塑性材料沿横截面(齐荏)剪切断裂, 脆性材料沿 45 斜截面被拉坏。因为轴受到外力偶作用时, 横截面上的剪应力分布如图3(b)所示, 方向与杆相切, 外表面上的剪应力最大。故塑性材料沿横截面由外向里被剪坏, 形成如图3(c)第一图所示的齐荏。对于脆性材料, 若在杆的外表面上沿纵向、横向取一立方微元体, 单元体处于纯剪切应力状态, 又由材料力学^[1]公式

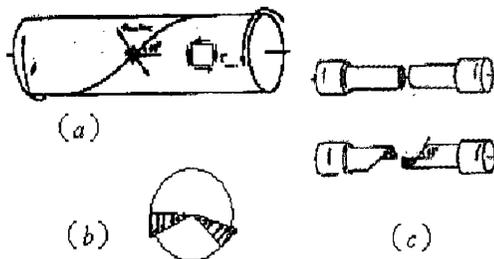


图3

$$\alpha_x = -\tau \sin 2\theta \tag{2}$$

得, 在与杆轴线成 $\theta = -45$ 的斜截面上有 $\alpha_{45} = \tau_{max}$ 的最大拉应力, 故脆性材料是沿 -45 的斜截面由外向里拉伸破坏。在日常生活中, 我们拿上一支粉笔, 用力一扭, 扭断时的茬口就是图3(c)第二图所示的情况。

3 弯曲问题

建筑物中的梁、板均为受弯构件, 在无腹筋的情况下, 由于外荷作用破坏时, 断口形状与诸多因素有关, 如剪跨比等^[2]。一种情况是剪跨比较大时发生的

斜拉破坏, 断口的形状如图4(a)所示(简支梁受集中力破坏的情况)。这种斜拉破坏产生的原因是, 一般承弯杆件, 在集中力或者分布力(如图5(a)所示的情况)等作用下, 一般产生横力弯曲, 横截面上的内力有弯矩和剪力, 由弯矩引起的正应力 σ 在横截面上的分布是中性轴上为零, 上下边缘最大, 中性轴以上为压应力, 以下为拉应力。由剪力引起的剪应力 τ 是中性轴上最大, 上下边缘为零, 如图4(b)所示。若沿纵向和横向在梁的不同位置取微元体, 其应力状态如图4(c)所示(不考虑横向挤压力)。图4中的1、5两点对应的是梁的上下边缘的点, 分别处于单向压、拉应力状态; 3 对应于中性轴上的点, 处于纯剪切应力状; 2、4 两点对应于中性轴至上、下边缘之间的任意点。由材料力学公式

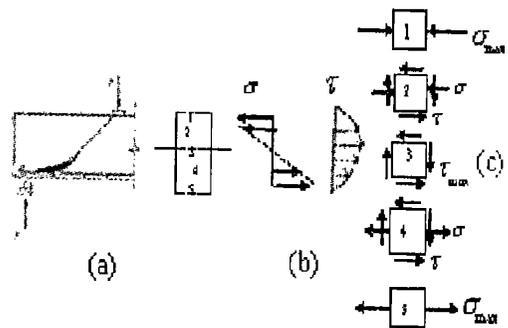


图4

$$\sigma' = \frac{\alpha_x + \alpha_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\alpha_x - \alpha_y}{2}\right)^2 + \tau_x^2} \tag{3}$$

可算得, 以上 5 个点的主应力分别如下:

1 点: $\sigma_1 = \sigma_2 = 0, \sigma_3 = \sigma_{tmax}$ (为负);

5 点: $\sigma_1 = \sigma_{tmax}, \sigma_2 = \sigma_3 = 0$;

3 点: $\sigma_1 = \tau_{max}, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = -\tau_{max}$;

2 点: $\sigma_1 = \frac{-\sigma}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} > 0, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = \frac{-\sigma}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$;

4 点: $\sigma_1 = \frac{\sigma}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}, \sigma_2 = 0, \sigma_3 = \frac{\sigma}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2}$ 。

进一步分析表明, 除 5 点的 σ_1 沿水平方向外, 3 点的 σ_1 与 x 轴(水平向右)之间的夹角是 -45°; 2、4 两点的 σ_1 与 x 轴之间的夹角也为负角, 其值大于和小于 45°。对于简支梁受均布荷载作用的情况, 画出

(下转第 44 页)

- [3]李卫东 教学系统的自组织理论分析[J], 延安大学学报(自然科学版), 2005, (4): 64-65
 [4]顾明远 论教师教育的开放性[J], 高等师范教育研究, 2001, (4): 1-5
 [5]钟秉林 高等教育创新与教师教育和师范院校的转型[J], 中国大学教学, 2004, (1): 15-16
 [6]普利高津 从混沌到有序[M] 上海: 上海译文出版社, 1987. 224-225

[责任编辑 朱联营]

Dissipative Structure Analysis of Teacher Education System

L I W ei-dong

(School of Physics & Electronic Information, Yanan University, Yanan, Shaanxi 716000)

Abstract: On the basis of the dissipative structure analysis of the teacher education system, the paper suggests that the latter is characteristic of the dissipative structure, and this analysis could be served as the theoretical ground for the establishment of the teacher education system model

Key words: dissipative structure; nonbalance; nonlinearity; teacher education system

(上接第38页)

参考文献:

- [1]周衍柏 理论力学[M] 北京: 高等教育出版社, 1986 170-171
 [2]漆安慎, 杜禅英 力学[M] 北京: 高等教育出版社, 1997. 223-224
 [3]王长明 刚体匀角速定轴转动状态是平衡态吗[J] 力学与实践, 2002, 24(5): 68-69
 [4]金明, 万仁辉 工科《理论力学》教材中的“平衡”概念小议[J] 力学与实践, 2003, 25(1): 62-63

[责任编辑 朱联营]

On Equilibrium of Rigid Body

M IAO Hong-Mei, L U Ya-Jun

(College of Physics and Electronic Information, Yanan University, Yanan, Shaanxi 716000)

Abstract: This paper mainly discusses equilibrium of Rigid body in different motions based on equilibrium equation of Rigid body so as to deduce whether Rigid body can be in a state of equilibrium and its Kinematics condition, and proves the equal equation of Rigid body under Plane forces interrelated

Key words: Rigid body; equilibrium; center of mass; Torque

(上接第40页)

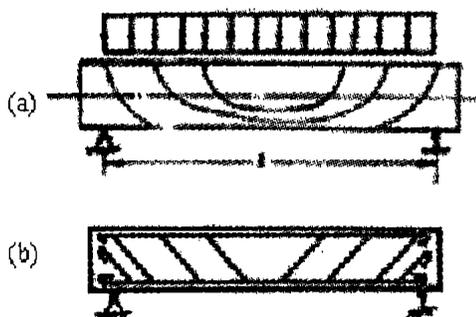


图5

梁的主拉应力迹线(σ 的方向沿对应点的切线)就是如图5(a)所示的一组向下凹的曲线。若画出图4所示的、受集中力作用梁的主应力迹线也有类似形状。所以,混凝土梁被各点的主拉应力拉裂时才形成

如图4(a)所示的裂纹(断口两侧为主拉应力作用)。实际当中,为了增强梁的抗拉强度,主要的受拉钢筋大致都是按照主拉应力迹线配制的,这样可以使钢筋负担起梁内各点的主拉应力^[3],如图5(b)所示。

综上所述,两种材料在以上三种荷载作用下,破坏时形成的断口尽管不同,但实质上都是断口处的某种应力达到了极限值而产生的拉伸破坏或者剪切破坏。

[责任编辑 朱联营]