

特点描述

- ◆ 高速拉伸试验中能以最高 1000 万帧 /sec 的速度高速拍摄。
- ◆ 能以最高 20 m/sec 的速度进行树脂的高速拉伸试验。
- ◆ 通过 DIC 分析，可观察试样表面的应变分布。

■ 引言

基于塑料材料的热特性和重量轻等特点，其被广泛应用于精密齿轮、汽车、飞机等各种工业领域，并具有广泛的用途。在输送机械中发生碰撞事故或者产品掉落等情况下，会产生动态变形。因此，为了确保可靠性，除了以往进行的静态试验之外，还需要进行冲击试验。众所周知，塑料等高分子材料的力学性能与变形率有关。因此，观察试验中的断裂现象对于阐明材料的详细机制非常重要。特别是在进行 DIC 分析时，确定材料表面的应变分布，有助于识别试验过程中的应变集中位置。

本次，我们制备了亚克力试样，在试样的平行截面上加工了圆孔和缺口，并通过 DIC 分析，实现了高速拉伸试验中的应变分布的可视化。本公司曾对高速拉伸试验中的塑料材料进行过评估^{1),2)}、DIC 分析^{3),4)}，请一并参考。

■ 测定系统

使用高速摄像机 HPVX2 和高速冲击试验机 HITSTX，在高速拉伸试验中进行了高速拍摄。试验装置如表 1 所示。图 1 所示为试验示意图。

表 1 试验配置

高速摄像机	: HPVX2
镜头	: 105 mm 低倍镜头
照明	: 闪光灯
高速冲击试验机	: HITSTX
夹具	: 高速用平板夹具
DIC 软件	: VIC2D



图 1 试验示意图

■ 试样和测定条件

准备了三种试样，分别是哑铃形状、进行了圆孔加工的有孔试样、进行了缺口加工的缺口形状。有孔试样和缺口试样的图纸如图 2 所示。试样的材质为亚克力。

高速拉伸试验的试验速度设定为 10 m/sec。高速拍摄的速度因试样类型的不同而改变。测定条件的详细信息如表 2 所示。

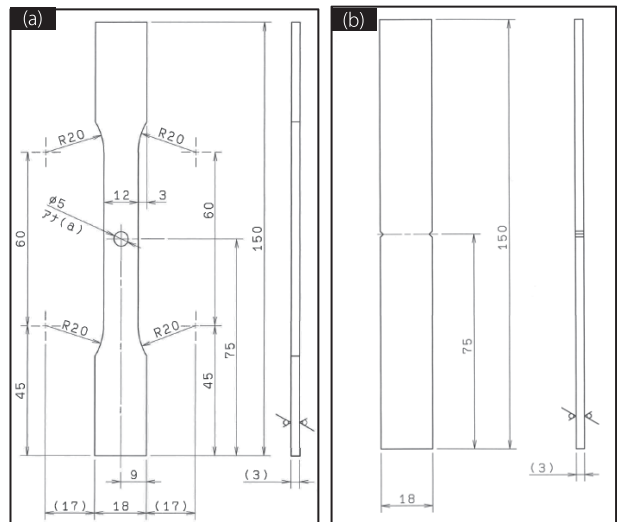


图 2 试样形状的详细信息 (单位: mm)

(a) 有孔试样 (b) 缺口试样

※ 对于哑铃试样，未在 (a) 的中央加工圆孔

表 2 测定条件

试样	: 试样①: 哑铃试样 试样②: 有孔试样 试样③: 缺口试样
试验速度	: 10 m/sec
拍摄速度	: 试样①: 25 万帧 /sec 试样②: 100 万帧 /sec、500 万帧 /sec 试样③: 100 万帧 /sec、500 万帧 /sec

■ 测定结果

图3 ~ 图7所示的DIC分析图像中的颜色表示图中右侧彩色条中的应变，紫色为最小值，红色为最大值。最大值取决于分析结果。图3所示为试样①的DIC分析结果。从图3(1) ~ (9)可知，应变在试样平行截面均匀增加，而在详细查看DIC分析视频时可知，以试样上下的R部为起点，分别向平行截面的中央逐渐增加。最终，在图像(10)中，在试样上下的R部位附近断裂。

* 请通过视频确认各测定结果的具体内容。

<https://www.an.shimadzu.co.jp/test/products/video/hpvx/applications.htm>



试样②是以两种拍摄速度测定的。在以100万帧/sec的速度测定时，对整个试验进行观察，在以500万帧/sec的速度测定时，对断裂的具体情形进行观察。图4所示为试样②试验整体的DIC分析结果。图4(1)所示为加载载荷时的图像。从图4(1) ~ (7)可知，随着试验的进行，圆孔左右的应变逐渐增加。另一方面，在圆孔的上下位置，未见明显的增加。从图像(8)可知，应变集中在圆孔左侧，从图像(9)可知，在圆孔左侧断裂。因此，圆孔左侧的应变减少。另一方面，圆孔右侧的应变增加，从图像(10)可知，圆孔右侧也发生断裂，应变减少。

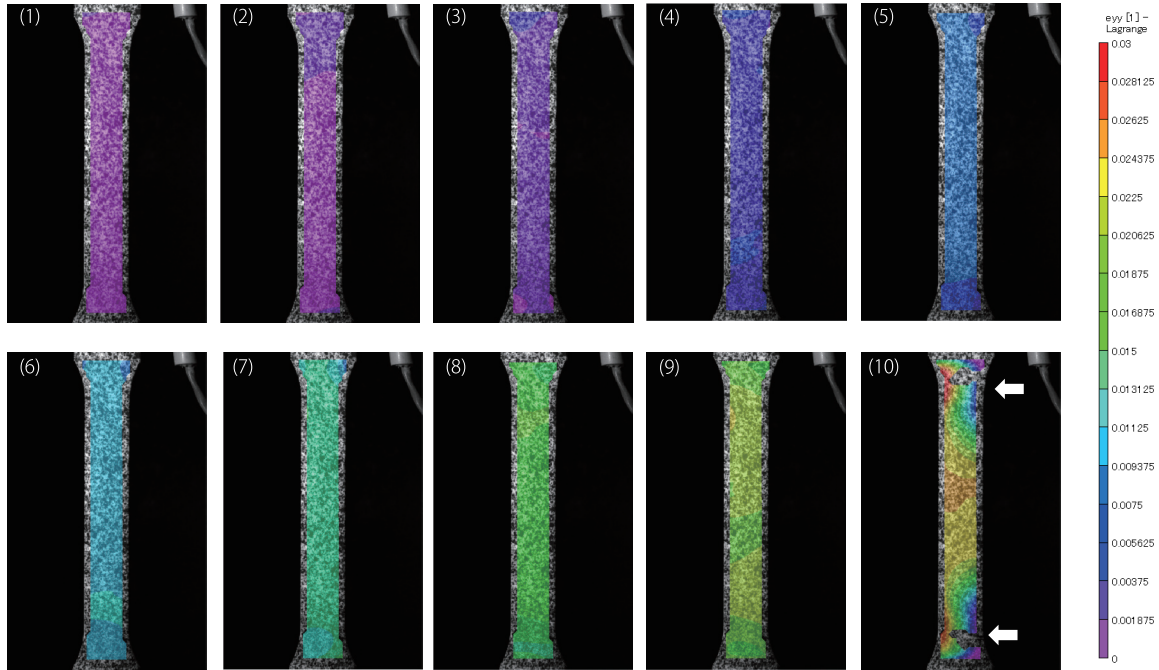


图3 试样①的DIC分析结果(试样长边方向的应变分布)
图像间的时间间隔为 32 μ sec

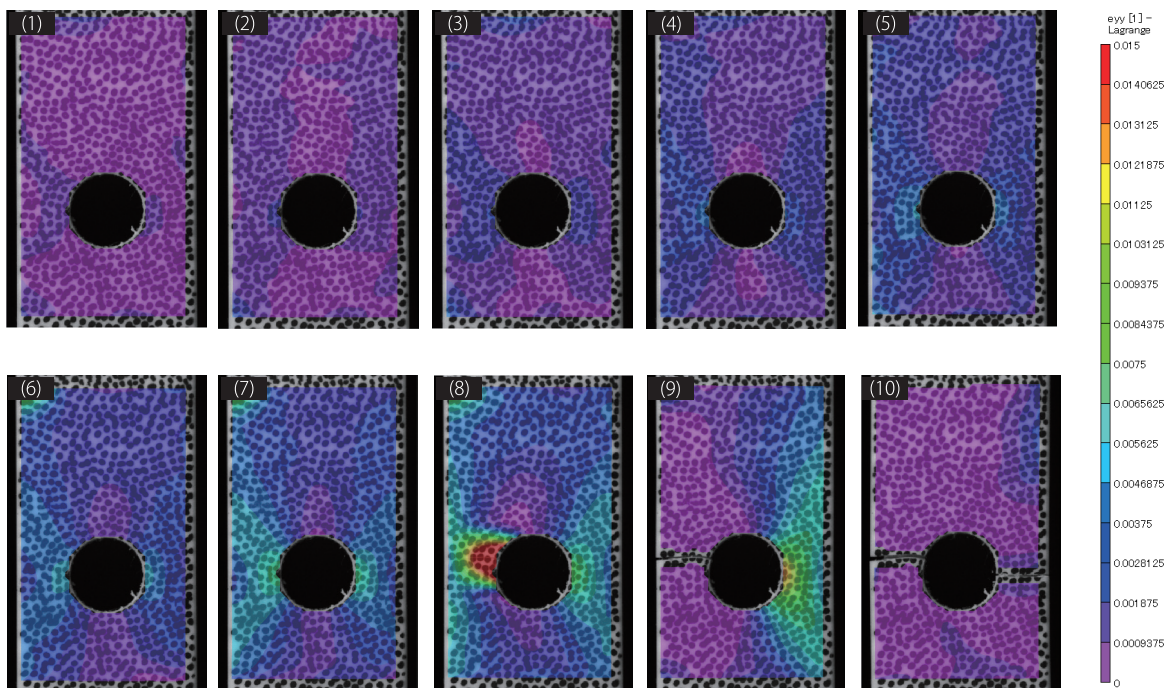


图4 试样②的DIC分析结果(试样长边方向的应变分布)
图像间的时间间隔为 8 μ sec

图5所示为试样②断裂情况的观察结果。从图像(1)可知,应变集中在圆孔左侧,并产生裂纹。然后,从图像(2)~(4)可知,在圆孔左侧的应变集中的上下区域,应变慢慢减少,紫色区域扩大。从图像(5)可知,应变集中在圆孔右侧,从图像(6)~(10)中可以观察到,应变集中的区域逐渐向右侧移动。和圆孔左侧一样,产生裂纹的位置的上下区域的应变逐渐减少。

试样③也和试样②一样,以100万帧/sec和500万帧/sec的拍摄速度进行两次测定,观察了试验整体的情形和断裂的详细情况。图6所示为试样③试验整体的DIC分析结果。图像(1)所示为试验开始后经过约40 μsec的情况。从图像(1)~(7)可知,整个区域的应变基本均匀,但慢慢从紫色向淡蓝色变化,应变逐渐增加。查看视频后发现,缺口处的应变首先增加,然后扩展到整个区域。从图像(8)可知,左侧缺口集中了较大的应变,并产生裂纹。然后,从图像(9)可知,右侧的缺口也出现应变集中,从图像(10)可知,左右两侧的应变向中央部位移动。另外,在图像(8)~(10)中可以观察到产生裂纹后,上下区域的应变减少的情况。

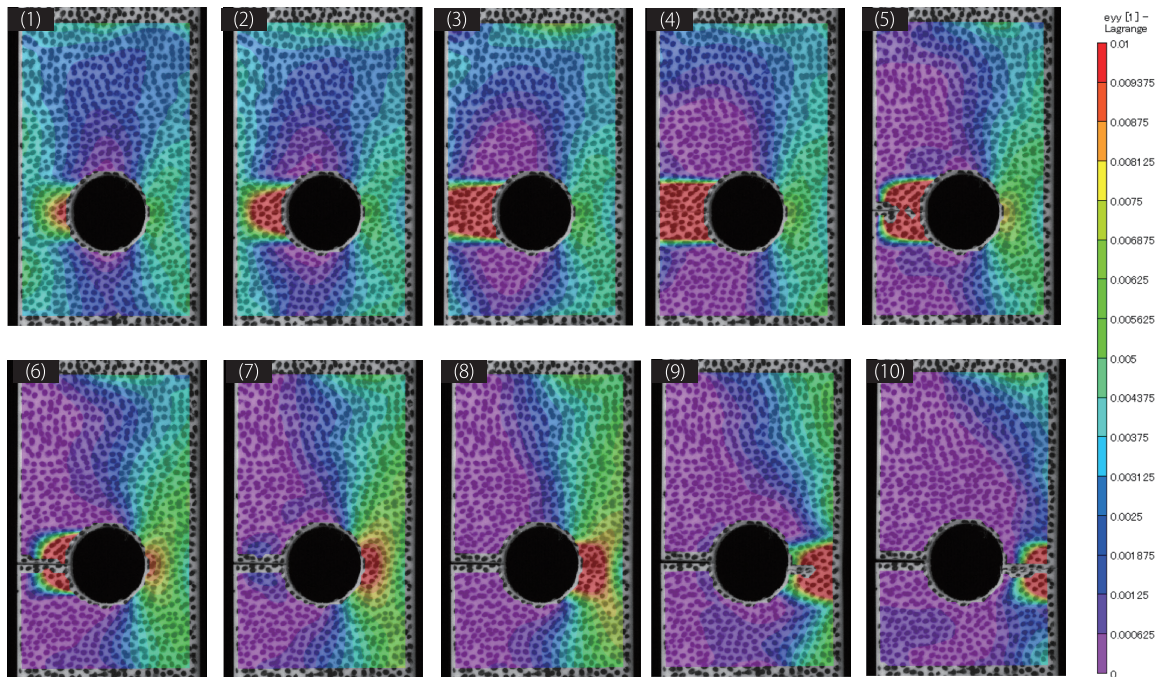


图5 试样②的DIC分析结果(试样长边方向的应变分布)
图像间的时间间隔为2.2 μsec

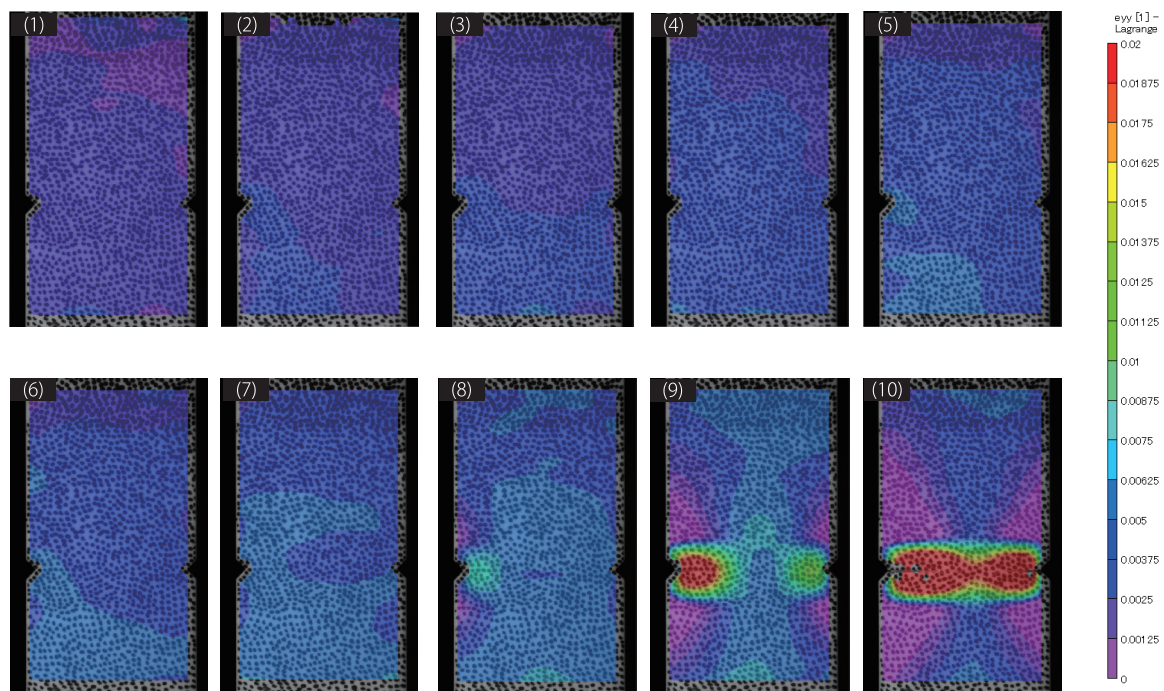


图6 试样③的DIC分析结果(试样长边方向的应变分布)
图像间的时间间隔为4 μsec

图 7 所示为试样③断裂情况的观察结果。图 7 的图像 (1) 中左侧的缺口产生裂纹时的图像。从图像 (1) 可知，产生裂纹后，应变集中在左侧的缺口处，另外，产生裂纹的位置的上下区域的应变已经减少。从图像 (2) ~ (10) 中可以观察到，应变集中的区域逐渐向右侧移动。同时还观察到，随着裂纹的扩展，裂纹导致的应变减小区域向右扩大。

■ 结论

我们使用高速摄像机 HPVX2 和高速冲击试验机 HITSPX 观察了各种形状的树脂试样在高速拉伸试验中的断裂情况。另外，通过对获得的高速图像进行 DIC 分析，实现了试样表面应变分布的可视化。在有圆孔或缺口的试样中，发现应变集中在这些缺陷处，并逐渐断裂。另外，还可以观察到产生裂纹后应变减少的过程。

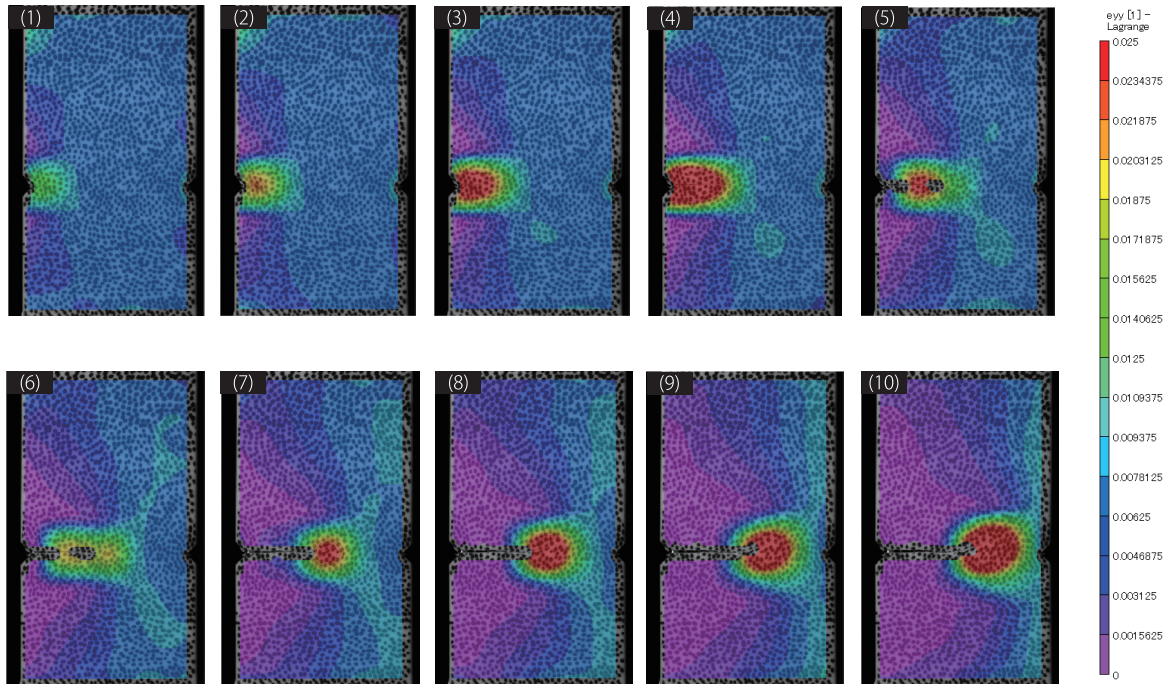


图 7 试样③的 DIC 分析结果 (试样长边方向的应变分布)
图像间的时间间隔为 1.6 μ sec

< 参考文献 >

- 1) 应用新闻 No. i266 塑料材料的静态及高速拉伸试验中的力学特性评价与断面观察
- 2) 应用新闻 No. i275 CNF 增强树脂的高速拉伸试验
- 3) 应用新闻 No. V26 使用霍普金森棒法观察塑料材料在冲击压缩试验中的断裂情况
- 4) 应用新闻 No. V29 冲击压缩试验中有孔树脂材料断裂与应变分布的观察

岛津应用云



HPV、HITS 是岛津制作所株式会社或其相关公司在日本及其他国家 / 地区的商标。



岛津企业管理 (中国) 有限公司
岛津 (香港) 有限公司

<http://www.shimadzu.com.cn>

用户服务热线电话: 800-810-0439
400-650-0439

免责声明:

* 本资料未经许可不得擅自修改、转载、销售;
* 本资料中的所有信息仅供参考, 不予任何保证。
如有变动, 恕不另行通知。

第一版发行日: 2023 年 03 月