

## CNF 增强树脂的高速拉伸试验

纤维素是植物的主要成分，是在地球上存量最多的碳水化合物，自古以来一直作为纸、棉纤维等的原料使用。近年来，通过将纤维素解纤至纳米水平而提高了功能性的纤维素纳米纤维（以下简称 CNF）得到了广泛关注。CNF 是源于植物的材料，因此，具有环境负担小、低线性膨胀、阻气性和透明性等功能。另外，重量相当于钢铁的 1/5，而强度则达到其 5~8 倍，表现出极高的比强度。因此，正在推进通过在热塑性树脂中添加 CNF，开发高强度、低重量复合材料的研究工作，并有望在各种领域得到应用。汽车领域也是其中之一，最终有望通过轻量化降低油耗。但是，考虑到汽车的使用情况，除了静态力学特性之外，还需要查明冲击特性、疲劳特性、温度特性等项目。

本稿中使用精密万能试验机和高速冲击试验机，对各种试验速度（应变速率）下的 CNF 增强树脂的拉伸强度进行了评价。另外，使用电子探针显微分析仪对试验后的试验片进行了断口观察。<sup>1)</sup>

F. Yano

### 测定系统

图 1 所示为静态拉伸试验和高速拉伸试验的情形。试验速度低时使用的是台式精密万能试验机 AGS-X，试验速度高时使用的是高速拉伸试验机 HITS™-TX。另外，试验后的试验片断口观察使用的是光学显微镜和电子探针显微分析仪 EPMA™-8050G。本次使用的试验装置如表 1 所示。

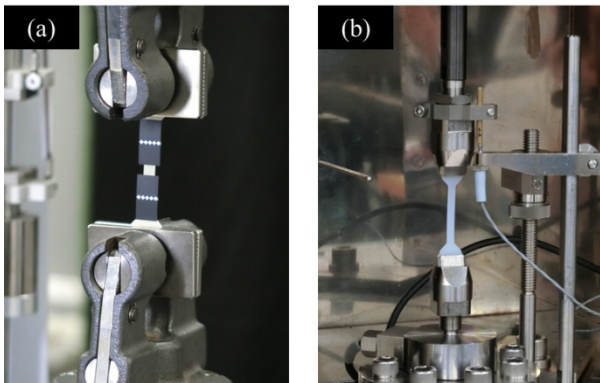


图 1 试验的情形  
(a) 静态拉伸试验 (b) 高速拉伸试验

### 试验结果

本次准备了高密度聚乙烯（HDPE）和 CNF10% 增强 HDPE（CNF10%/HDPE）的两种试验片。试验条件和试验片的信息如表 2 所示。

图 2 所示为 HDPE 和 CNF10%/HDPE 在各应变速度下的应力 - 位移图示例。从图 2 可知，各材料的试验速度越低，则拉伸强度越低，而试验速度越高，则拉伸强度越高。另外，还可知应力 - 位移图的坡度也随着试验速度的提高而增加。

表 1 试验装置

试验机	: AGS-X (静态拉伸试验) HITS-TX (高速拉伸试验)
称重传感器	: 1 kN (AGS-X) 2 kN (HITS-TX)
夹具	: 空气式平面型固定工具 (AGS-X) 平板固定工具 (HITS-TX)
断口观察	: EPMA-8050G

表 2 试验条件与试验片信息

试验机	: 0.0001, 0.001, 0.01, 0.1/s (AGS-X) 0.1, 1, 10, 100/s (HITS-TX) (0.000004~4 m/s)
试验温度	: 室温
试验数	: n=3
试片	: HDPE、CNF10%/HDPE
试片尺寸	: 厚 1mm、宽 5mm、平行部 40mm

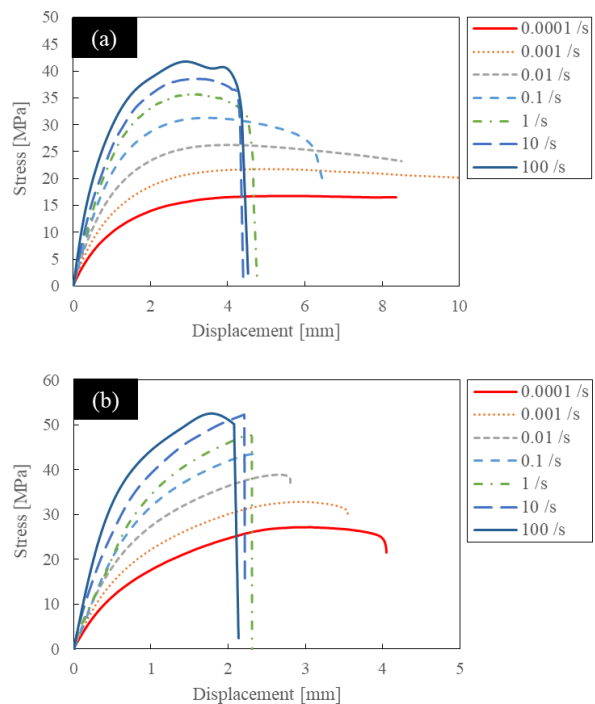


图 2 应力 - 位移图  
(a) HDPE (b) CNF10%/HDPE

图3所示为拉伸强度与应变速度的关系。从图3可知，在所有的速度条件下，都得到了 CNF10%/HDPE 的拉伸强度更大的结果。从中也可以确认拉伸强度随着速度的上升而变大。

图4所示为通过光学显微镜拍摄的试验后的试验片侧面图像。断口均在图像左侧。在图4(b)、(c)、(d)中，断口附近出现白化，判断是发生了塑性破坏。另外，在图4(b)中，斜向出现了一条发白的条纹。另一方面，在图4(a)中几乎看不到白化的痕迹，判断是发生了脆性破坏。图5所示为通过光学显微镜拍摄的试验后的断口图像。将图5用白框圈住的部分通过 EPMA 观察后的图像如图6所示。通过图6(a)可以观察到样品断面基本没发生塑性伸长，纤维出现断裂的情形。另一方面，在图6(b)中未观察到纤维的断裂，含有 CNF 的树脂观察到了塑性伸长。图6(c)是图5中拉伸最大部分的观察图像，可观察到树脂被塑性拉伸的情形。从图6(d)中也可以观察到明显的树脂被拉伸的情形。

## 总结

在本稿中，对 CNF10%/HDPE 和 HDPE 两种材料的样品进行了低、高速拉伸试验。从试验结果可知，拉伸强度随着试验速度的变化而变化。另外，对试验后的断口进行观察后发现，断口的情形也有所不同。通过使用 HITS-TX 和 AGS-X，试验条件中，可以设置从低到高，大范围的应变速度，这样有助于对树脂对应变速度信赖性进行评价。

### <参考文献>

- 1) 矢野文彬、龟井由树、仙波健、北川和男、成形加工专题研讨会' 19 初稿集 (2019)

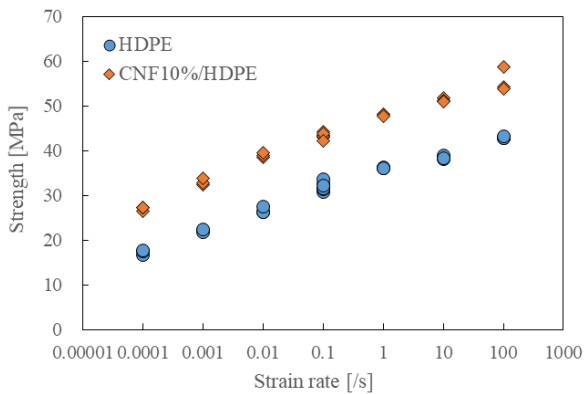


图3 拉伸强度和应变速度的关系

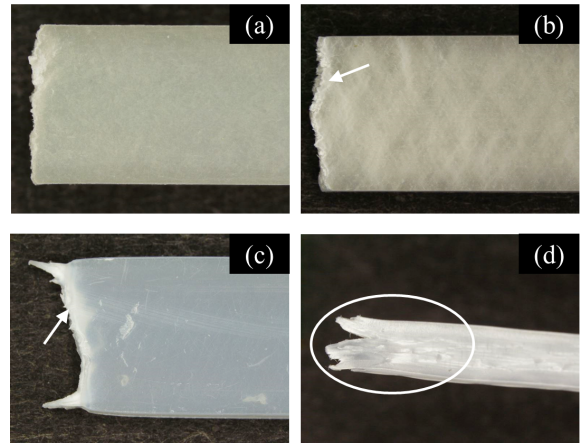


图4 试验后的试验片侧面图像

- (a) CNF10%/HDPE, 100 /s (b) CNF10%/HDPE, 0.0001 /s  
(c) HDPE, 100 /s (d) HDPE, 0.0001 /s

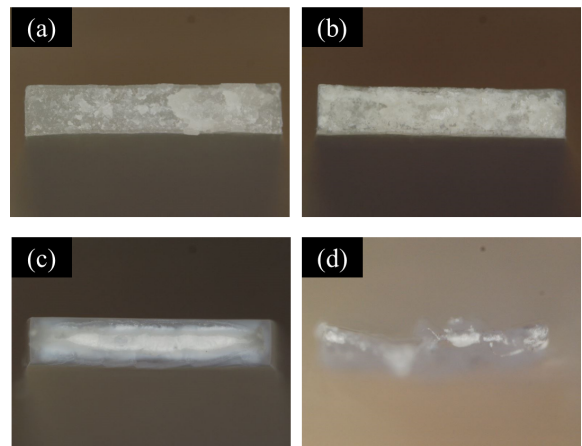


图5 试验后的断口图像

- (a) CNF10%/HDPE, 100 /s (b) CNF10%/HDPE, 0.0001 /s  
(c) HDPE, 100 /s (d) HDPE, 0.0001 /s

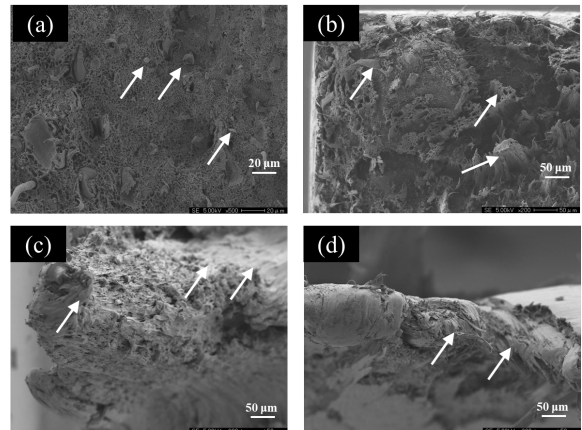


图6 断口的 EPMA 观察图像

- (a) CNF10%/HDPE, 100 /s (b) CNF10%/HDPE, 0.0001 /s  
(c) HDPE, 100 /s (d) HDPE, 0.0001 /s

HITS 及 EPMA 是岛津制作所株式会社在日本和其他国家的商标。



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。

岛津应用云



第一版发行日: 2020年2月