

## 使用用于 FRP 的定位式楔形夹具进行 CFRP 的拉伸破坏评估

01-00497-CN

木村 元史、村上 岳

### 特点描述

- ◆ 测试随机取向的热塑性 CFRP 试样时，可以使用标准目录产品中用于 FRP 的定位式楔形夹具，而不是随机取向的热塑性 CFRP 专用夹具。

### ■ 引言

近年来，对于需要机械可靠性的结构部件，零部件所使用的材料已经从金属等传统材料转向轻质替代材料。其主要原因是通过减轻产品的重量，减少了运输的质量，从而减少了运输产品时产生的二氧化碳排放量。关于通过碳纤维增强的 CFRP 等纤维增强复合材料，因其突出的强度和轻质性，目前被广泛用作航空材料，未来预计应用领域会继续扩大，将应用于以汽车为首的各类产品，以实现轻量化设计。

本文介绍了使用用于 FRP 的定位式楔形夹具对随机取向的热塑性 CFRP 进行拉伸破坏评估的案例，该夹具已作为精密万能试验机 Autograph 的配件开始销售。

### ■ 随机取向热塑性 CFRP

随机取向热塑性 CFRP 是将碳纤维束中浸渍热塑性树脂而成的 UD(Unidirectional) 带切割成一定长度并随机取向，可在短时间内压缩成型的碳纤维增强复合材料（图 1）。除了在拉伸、压缩和面内剪切模式下强度特性值较高这一特征之外，还可以在 1 个工艺中制造具有复杂形状的结构材料。到目前为止，为了在量产汽车中实际应用，正在推进开发和示范试验，例如，正在开发用于实现高精度数值分析模拟的特性评估方法<sup>5)</sup>、以及碰撞管撞击轴挤压评估等<sup>6)</sup>。

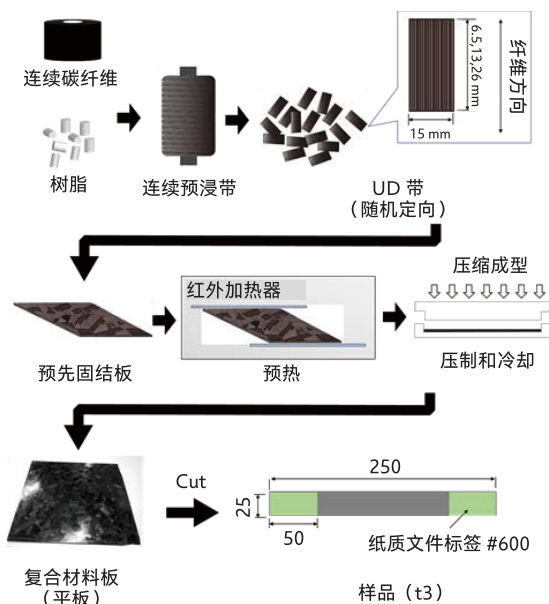


图 1 随机取向热塑性 CFRP 的成型工艺和试验片形状

关于本文中使用的随机取向热塑性 CFRP，是由宽度为 6~8 mm 的热塑性环氧基 UD 带切割成 6.5 mm、13.0 mm 和 26 mm 的片材，然后成型为 3 mm 厚的材料板。试验片表面有光泽，判断由于光的反射很难看到断裂情况，因此在表面喷涂了哑光的白色涂料，并将其用于拉伸破坏评估。

关于试验片的形状，参考 ISO527-4(2021) Test conditions for isotropic and orthotropic fiber-reinforced plastic composites，将其切割成总长 250 mm、宽度 25 mm 并进行了制作。另外，拉伸试验时采用了使用虚拟标签的试验方法，其中将 #600 号的砂纸插入试验片夹持部分和夹具的夹持齿之间。

### ■ 分析仪器

在进行随机取向热塑性 CFRP 的拉伸破坏评估时，使用了岛津精密万能试验机 Autograph AGX-V（图 2）、以及为了用于 CFRP 等复合材料的拉伸试验而新开发的用于 FRP 的定位式楔形夹具（PN: S336-02549-01）（图 3）。



图 2 岛津精密万能试验机 Autograph AGX™-V



图 3 用于 FRP 的定位式楔形夹具

## ■ 试验条件及结果

表 1 所示为试验条件。考虑将用于拉伸破坏评估的试样数设定为  $n = 5$ ，对包含备用试验片在内的 6 个进行了评估。

图 4、5、及 6 是对 UD 带长度不同的 3 种试验片进行拉伸试验后的断裂情况照片。喷有白色涂料的区域为标记区域。可以看出，所有试样均在评估部位内断裂，并且未在夹具端口处断裂，表明进行了良好的拉伸破坏试验。

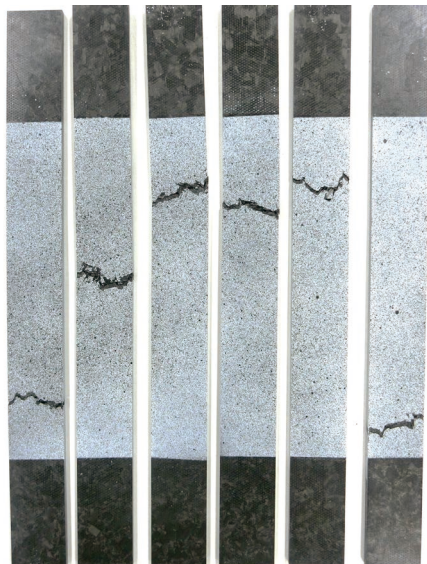


图 4 破坏情况 (UD 带长度 6.5 mm)

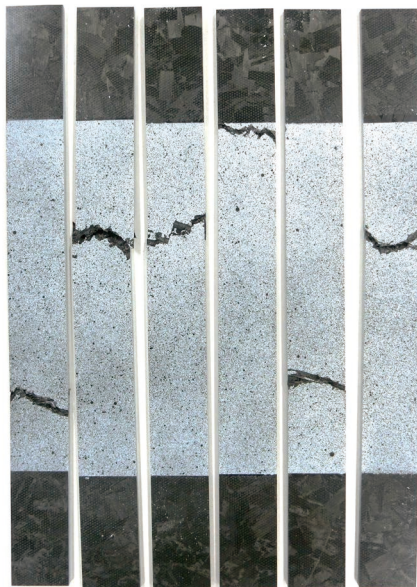


图 5 破坏情况 (UD 带长度 13 mm)

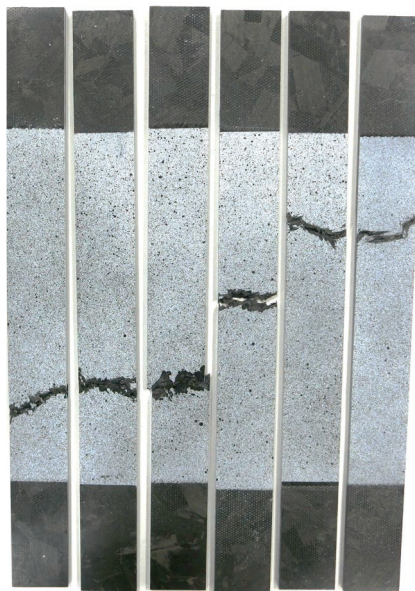


图 6 破坏情况 (UD 带长度 26 mm)

表 1 试验条件

试验装置	: 岛津精密万能试验机 Autograph AGX™-50kNVD (固定接头)
夹具	: 用于 CFRP 的定位式楔形夹具 (S336-02549-01) 转换接头 *(/343-08482-09)2 个
夹齿	: 标准附件齿 (用于复合材料的梯形锯齿)
虚拟标签	: #600 号砂纸
试验速度	: 1 mm/min
夹具间距离	: 150 mm
软件	: TRAPEZIUMX™-V (单一)

\*FRP 定位式楔形夹具可对应高达 100 kN 的容量。  
在 50 kN 容量试验机上使用时需要转换接头。

## ■ 结论

通过使用岛津精密万能试验机 Autograph 和用于 FRP 的定位式楔形夹具，能够在标记区域对随机热塑性 CFRP 进行拉伸破坏，而且未在夹具端口处断裂。

这里介绍的成果是作为经济产业省委托项目“碳纤维增强热塑性塑料基本特性相关的国际标准化”的一部分获得的。谨向相关人员表示感谢。

### <参考文献>

- 1) 村上岳, 松尾刚, 枝广雅美, 住山琢哉: 日本复合材料学会学报, 47, 6 (2021), 213-221.
- 2) T. Murakami, T.Matsuo, T.Sumiya J. Compos. Mater.,50,10 (2021),1315-1330.
- 3) 长塚涉, 松尾刚, 村上岳, 平野启之: 日本复合材料学会学报, 41, 3 (2015), 75-84.
- 4) T.Murakami and T.Matsuo, Proceedings of the 20th International Conference on Composite Materials (ICCM20), Copenhagen, 19-24 July 2015. No. 4315-2.
- 5) 矢野文彬, 松尾刚: 日本复合材料学会学报, 44,4(2018), pp
- 6) T.Matsuo, M.Kan, K.Furukawa, T.Sumiya, H.Enomoto and K.Sakaguchi: Compos. Struct., 181 (2017), 368-378.

岛津应用云



AGX、TRAPEZIUMX 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 3 月