

## 碳纤维增强塑料面内压缩性能随温度变化的评估

01-00108-CN

村上 岳、山本 孝之\*

### 对用户的好处

- ◆ 简便地获得复合材料的压缩特性。
- ◆ 依据 ASTM D3410 实施测定。

### 前言

由于运输设备轻量化的需求，比强度、比刚度高于传统材料的碳纤维增强复合材料（CFRP）备受关注。CFRP 材料因其各向异性和复杂结构，难以使用 CAE 分析软件进行产品设计。因此，为解决这一问题并提高设计精度，需要正确掌握压缩特性等各种机械特性。

本文中介绍使用精密万能试验机 Autograph AGX-V (图 1)，依据 ASTM D3410 (俗称 IITRI 法)，获得热固性 CFRP 面内压缩特性的事例。

### 试验方法

IITRI 法是 ASTM D3410、JIS K 7018 方法 1b 中规定的 CFRP 代表性压缩试验法 (图 2)。由 Illinois Institute of Technology Research Institute (美国) 于 20 世纪 80 年代开发，目前已在各种工业领域得到普及<sup>1)</sup>。其特点是使用反向楔型夹具夹紧试样两端，可向试样评定部分施加具有剪断力的压缩负荷，可适用于相对较大的试样。本试验使用的试样尺寸如图 3 所示。ASTM D3410 中为减少夹具产生的影响，规定采用与调整片接触型的试样和不与调整片接触型的试样。两者均在试样的评定部内外贴有应变仪，根据其输出评估材料特性，判断试样有无屈曲等。

本试验在 -30 °C、室温及 100 °C 的温度环境下评估了热固性 CFRP 碳纤维增强复合板的弹性模量及压缩强度。试验装置配置例及试验条件如表 1 所示。

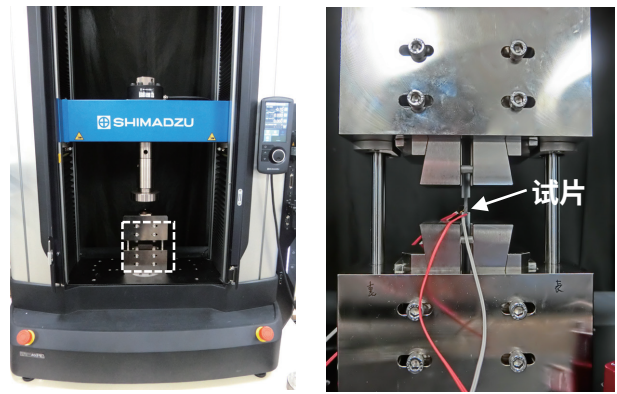


图 2 IITRI 法试验情况

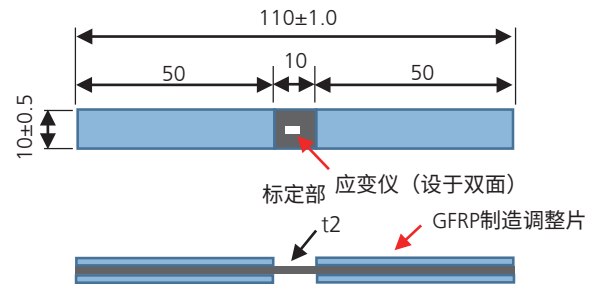


图 3 试样尺寸



图 1 精密万能试验机 Autograph™AGX™-V

表 1 试验装置配置例及试验条件

试验装置	: 精密万能试验机 Autograph AGX-50kNV
试验夹具	: 复合材料用压缩试验夹具 (ASTM D3410) 固定式压盘及直推杆
恒温箱	: 冷冻机型恒温槽 TCR-1W
试验温度	: -30 °C、室温 (R.T.)、100 °C
试验速度	: 1.5 mm/min
试验软件	: TRAPEZIUM™X-V
试样	: T700 (东丽) 碳纤维增强复合板 [-45/90/0/+45] <sub>1s</sub> * <sup>1</sup>
应变测量	: 应变仪 KFG1-120-D16-11L1M2S (共和电业)
动态应变放大器	: DPM952A (共和电业制造)

\*1 本试验使用的 CFRP 复合板为在单方向上逐层涂覆碳纤维的聚酯胶片制作而成。表 1 记录的 [-45/0/-45/90]<sub>1s</sub> 表示在 45 度、0 度、-45 度、90 度方向上层合 1 组共计 8 层的聚酯胶片。

## ■ 热硬化性 CFRP 的压缩特性

图 4 所示为室温下从贴于试样内外的应变仪获得的应力与应变的关系。红线、蓝线分别表示从设于正面、背面的应变仪获得的测量值。由各应变仪可看出，从加载开始至破坏，输出值与原初始值的偏差较小。试验后的实际情形如图 5 所示。试样的评定区域出现破坏，结合应力 - 应变线状图中前后应变输出偏差较小，可知压缩试验完成较好。

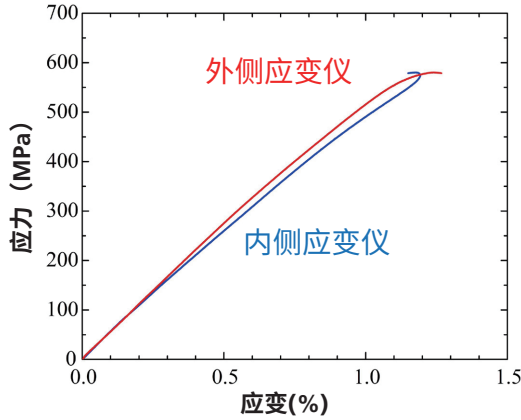


图 4 室温下获得的应力 - 应变线状图 (内外应变仪输出值比较)

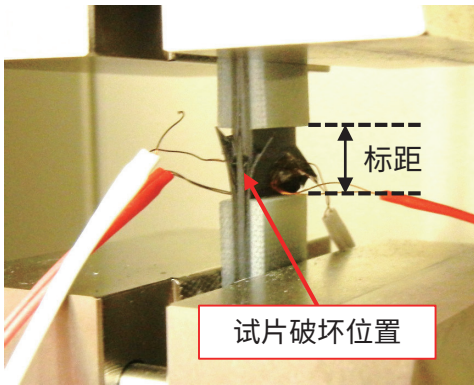


图 5 试验后的实际情形

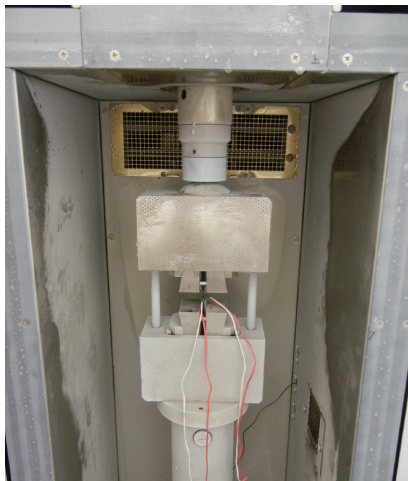


图 6 试验情况 (使用恒温箱)

恒温箱内的试验情况如图 6 所示，-30 °C、100 °C 及室温下获得的应力 - 应变线状图比较结果如图 7 所示。应变根据贴于试样正面背面的应变仪输出平均值计算得出。各试验温度下获得的试样压缩强度及压缩弹性如表 2 所示。-30 °C 及室温下，应力 - 应变线状图及各特性值未出现明显差异，而 100 °C 下，压缩弹性模量及压缩强度出现明显降低。各温度试验下试样评定部的破坏性状如图 8 所示，可供参考。

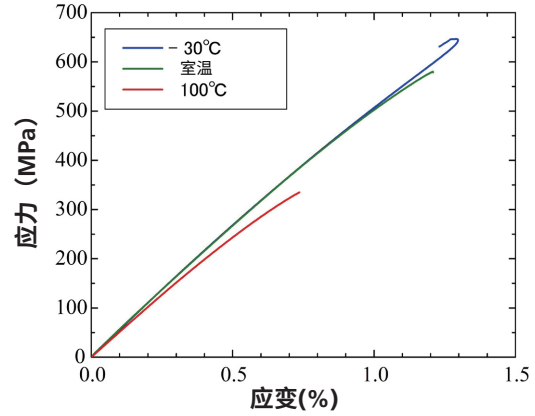


图 7 应力 - 应变线状图的比较 (-30 °C、室温、100 °C)

表 2 各温度下获得的压缩特性值

压缩特性	-30 °C	室温	100 °C
压缩强度 (MPa)	646.5	580.1	279.8
压缩弹性模量 (GPa) <sup>*2</sup>	54.4	53.6	47.3

\*2 压缩弹性模量根据由应变仪输出平均值计算得出的应变 0.1- 0.3 % 时的应变与应力关系，通过最小二乘法计算得出。

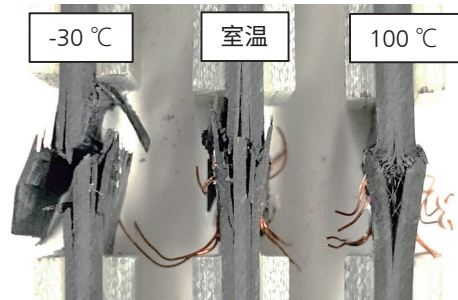


图 8 试片评定部的破坏性状 (-30 °C、室温、100 °C)

## ■ 总结

通过使用精密万能试验机 Autograph AGX-V、复合材料用压缩试验夹具及各种选配品，可评估 CFRP 的压缩特性及其温度依赖性。

### <参考文献>

- 1) 小笠原俊夫及其他，宇宙航空研究开发机构研究开发资料“针对碳纤维复合材料的无孔压缩试验方法相互比较和简易试验法 (NAL- II 法) 的提议”ISSN 1349-1121 JAXA-RM-08-010

岛津应用云



Autograph、AGX 和 TRAPEZIUM 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。

第一版发行日: 2021 年 4 月