

玻璃钢蜂窝夹层梁三点外伸
弯曲蠕变试验小结

目 录

一、原材料及工艺

二、常规弯曲性能的测定 1

三、试样尺寸及编号 2

四、试验装置简图 3

五、试验步骤 3

六、试验结果 4

七、初步看法 4

为了摸索蜂窝夹层梁蠕变性能的规律，并为制订试验方法作准备，我们于1975到1977年，结合产品，分别进行了蜂格边长为4毫米和8毫米二种蜂窝夹层梁的三轴外伸弯曲蠕变试验。试样的原材料、配方及工艺与产品相同，该试验是在自制的、横杆比为1:1的弯曲蠕变机上进行的。试样为纤维向，恒载值分三级*。蠕变时间200~700小时，采用百分表测挠度，同时用应变仪测面板的拉压应变。试验室温湿度是用ZTH温湿度自动记录仪记录。

一、原材料及工艺

(1) 蜂格边长 $C = 4$ 毫米的试样

蒙皮是三层0.2的斜纹布，胶粘剂是DAP，热固化成型；芯子用0.12平纹布，胶粘剂用2124 酚醛热固化成型；胶层采用自产2号薄膜，其厚度是0.15 mm，夹层结构是将二面的面板分二次与芯子合在一起，加0.8~1 kg/cm²的压力热固化成型。

(2) 蜂格边长 $C = 8$ 毫米的试样

蒙皮是四层0.20斜纹布，沃兰处理。芯子是用0.2平纹布，胶粘剂用618环氧加三乙胺即胶冷固化，夹层结构是用307*树脂一次手糊成型，冷固化时静置压力为0.03 kg/cm²左右。

二、常规弯曲性能的测定

为了确定蠕变时的恒载值，必须先测定常规的弯曲性能，我们测得 $C = 4$ 毫米试样的经、纬向弯曲破坏荷载分别为105公斤、70公斤， $C = 8$ 毫米试样的经、纬向破坏荷载分别为130公斤、84公斤。

* 三级荷载是指破坏荷载的三个不同比率的荷载值。

三、试样尺寸及编号：

1) 尺寸

表1

蜂格边长(毫米)	试样总长(毫米)	试样宽度(毫米)	试样厚度(毫米)	基底厚度(毫米)	蜂壁厚度(毫米)
C	L	B	h	t _f	t _s
4	240	40	8	0.8	0.12
8	320	60	20	1	0.20

2) 分组及编号：

表2

边长(毫米)	组别	试样方向	荷载 $P_1^B(P_2^B)$ %	试样编号
C=4	I	经 向	30	1, 2, 3
	II		50	1, 2, 3
	III		70	4, 5, 6,
	IV		30, 50, 70	13, 14, 15,
	V		30	7, 8, 9
	VI		50	7, 8, 9,
	VII		70	10, 11, 12,
	VIII		30, 50, 70	16, 17, 18,
	IX	纬	30, 50, 70	4-3, 4-2, 4-1,
C=8	X	向	50, 70	4-6, 4-4
	I	经	20, 30, 40	15-3, 15-2, 15-1
	II	向	20, 30, 40	15-6, 15-5, 15-7
	III	纬	30, 50, 70	15 ₁ -1, 15 ₁ -2, 15 ₁ -5
	IV	向	20, 30, 40	15 ₁ -8, 15 ₁ -7, 15 ₁ -6

四、试验装置简图、

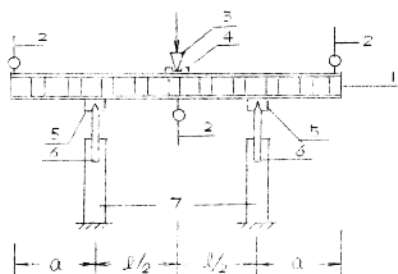


图 1

- 1、试样 2 百分表
3、加载压头 4、加载压头垫块
5、支座垫块 6、开口支座
7、支座

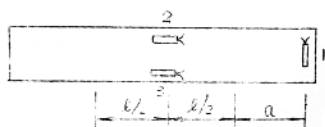
$C=4$ 毫米时, 取 $l=12$ 厘米, $a=6$ 厘米; $C=8$ 毫米时, 取 $l=15$ 厘米。

$a=8$ 厘米。

五、试验步骤、

1) 将试样按表 2 分组, 编号, 并量测尺寸。精度按常规力学测试标准的规定。

2) 贴应变片、



用 502 胶水将 3×15 纸质应变片 2、3 贴在试样跨中受拉区, 在外伸端贴应变片 1。用作校验零点, 应变片电阻值

121Ω , 灵敏系数 $2.02 \pm 1\%$ 。

每组的三根试样合用一片温度补偿片, 应变片贴好后, 在其表面涂上一层清漆, 以防止应变片受潮。

3)、将一组的三根试样, 按序接入电阻应变仪, 并参照 (图 1) 接好三只百分表, 准备试验。

4) 按表 2 中荷载，先加 1~5 公斤初载，调整仪器及仪表的零点，然后以 5~10 kg/分 的速度加载。每加一次砝码，待将杠杆调至水平位置后读数并记录，直至所需的恒载值止。此时蠕变开始。

5) 在下列时间间隔读取挠度值（即蠕变变形）：0.1, 0.25, 0.50, 0.75, 1, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 20, 24 小时，以后至少 24 小时一次到所需要的蠕变时间为止。

6) 试验室温湿度采用 ZJ 温湿度仪自动记录。若是冬季，气温较低，影响仪表正常工作，可不用电炉加热，控制试验室温度在 10°C 左右。

7) 蠕变结束后，卸载，让试样恢复变形至到 1 小时，然后进行弯曲强度试验。

六、试验结果：

1. $C=4$ 毫米蜂窝夹层梁三点外伸弯曲蠕变性能（表 3）；蠕变前后性能变化（表 4）

2. $C=8$ 毫米蜂窝夹层梁三点外伸弯曲蠕变性能（表 4）蠕变前后性能变化（表 5）。

蠕变性能计算公式如下：

$$\text{蒙皮弹性模量 } E_f^* = \frac{Pl^2a}{16Jf_{\text{外}}} ; \quad E_f^* = \frac{\sigma_f}{\epsilon_f} = \frac{Pl/4bf_f(h-t_f)}{A \cdot 10^{-6}}$$

$$\text{芯子剪切模量 } G_c = \frac{Pl}{4b(h-t_f)(f_0 - \frac{1}{3a}f_{\text{外}})}$$

式中：P——荷载增量（公斤），l——梁的跨度（厘米）

a——外伸臂长度（厘米）J——夹层梁截面惯性矩（厘米⁴） $f_{\text{外}}$ ——左右外伸端挠度之平均值（厘米）， f_0 ——跨中挠度（厘米）b——夹层梁宽度（厘米）h——试样厚度（厘米） t_f ——蒙皮厚度（厘米），A——应变仪读数

七、初步看法：

1. 从表 3 和表 4 看出，在室温，三组荷载条件下，经纬向试样经过

200小时弯曲蠕变后，蒙皮的弹性模量 E_f^B 和 E_f^B 及芯子的剪切模量 G_c 都有下降。 E_f 略有下降， G_c 下降严重些。 $c=4$ 毫米的试样， E_f 的最终值与初始值之比在0.8左右，相应 G_c 的比率仅在0.5左右； $c=8$ 毫米的试样更差些， E_f 的最终值与初始值之比在0.4~0.7左右，相应 G_c 的比率仅在0.2~0.4左右，这说明蜂窝夹层梁是存在蠕变的。芯子剪切蠕变比蒙皮的血压蠕变更严重，格子大的比小的夹层梁蠕变更严重些，所以，对于受长期荷载的夹层结构产品的设计，必须考虑其蠕变性能，即蠕变试验是不可缺少的。

2. 试样方向对蠕变性能的影响。

从表3，表4看出，在温度、应力比率、作用时间大致相同的条件下其弹性模量的最终值与初始值的比率大致相同，这说明，在这种特定条件下试样的方向即经、纬向对弯曲蠕变的影响不大，对于45°方向的试样未做过试验，其变化规律还不清楚。

3. 应力大小对蠕变性能的影响。

为了便于比较，从表3摘录I，II，III，V，VI，VII六组及表4摘录I，IV=组100小时的蠕变性能与初始性能之比率列于下表6。 $c=4$ 毫米的每个数据是三根试样的平均值， $c=8$ 毫米的每个数据是单根试样的试验值。

表6

试样方向 性能比率 格边长 荷载比例 %PB		C = 4 毫米			C = 8 毫米		
		30	50	70	20	30	40
经 向	E_f^B	0.966	0.907	0.910	0.806	0.740	0.718
	G_c	0.829	0.643	0.579	0.358	0.464	0.370
纬 向	E_f^B	0.930	0.968	0.893	0.574	0.347	0.400
	G_c	0.769	0.816	0.621	0.263	0.255	0.213

从表 6 看出, 随着应力比率的增大, 最终值与初始值无比率略有降低。

4. 温度对蠕变的影响。

在蠕变试验过程中, 我们发现试样的变形随环境温度气的波动而变化, 同一根试样, 当气温升高时, 变形就增大, 反之则减小。

为了进一步探索温度对蠕变的影响, 在设有温度控制的蠕变设备条件下, 我们在春夏二季又进行 $c=4$ 毫米试样即表 3 中的 B、C 两组试验。摘录了 1, 10, 100, 200 小时蠕变性能与初始值无比率附表。从附表看出, 对于这类干法成型的试样, 当室温为 5°C , 10°C , 22°C , 30°C 四种不同温度, 其相应时刻的性能 (指 E_f^{σ} 和 G_c) 各与初始值无比率变化不明显, 换言之, 在特定条件下, 温度对这种比率的影响不大。

5. 蠕变断裂现象。

在我们试验中, 发现当应力比率大到一定程度会出现蠕变断裂现象即长时间的承载, 会使材料强度降低。如 $c=4$ 毫米的试样中, 有一根径向试样其应力比率为 $70\% P_B$, 经 7 天蠕变后, 由于侧壁剪切失稳, 发白而失去承载能力, 从而导致试样发生断裂破坏。

6. 蠕变前后弹性模量的变化。

我们把二种试样 ($c=4, 8$) 在蠕变前后性能变化列于表 5 中, 我们可以看出, 蠕变后, E_f 无明显变化, 而 G_c 略有降低, 其蠕变前的性能是由蠕变开始前加载时的 $P \sim f$ 曲线的切线计算而得, 蠕变后的性能是蠕变结束后卸载后, 使试样恢复半到一小时, 再进行弯曲试验计算得到的, 蠕变后的弹性模量是按 $30\% P_B$ 计算的割线模量。

7. 测量仪器的影响。

我们采用百分表和应变仪两种方法来测量变形, 计算结果是百分表的 E_f^{σ} 比电测的 E_f^{σ} 大 $7 \sim 9\%$, 其原因可能是由于集中力的影响, 名义的 σ_f 比实际的小, 故 E_f^{σ} 也就小些。

原书缺页

原书缺页

原书缺页

原书缺页

夹芯梁蠕变前弹性模量变化

表 6

试样编号		弹性模量 变化率 %PB	C = 4			C = 8		
			30	50	70	20	30	40
经向	前	$E_f^{(10^5)}$	1.42	1.61	1.63	1.80, 1.58	2.00, 1.79	1.60, 1.67
		G_c	5.89	6.59	6.91	110, 186	117, 132	145, 152
	后	$E_f^{(10^5)}$	1.55	1.42	1.50	1.76, 1.53	1.90 —	1.73 ✓
		G_c	7.21	5.68	4.42	180, 143	177 —	115 ✓
纬向	前	$E_f^{(10^5)}$	1.45	1.47	1.51	1.80, 1.57	1.88, 1.62	1.74, 1.48
		G_c	4.79	5.13	4.04	222, 112	140, 81	153, 97
	后	$E_f^{(10^5)}$	1.46	1.42	1.52	1.81, 1.28	1.22	1.37
		G_c	4.85	4.36	3.56	155, 101	4.6	72

表 6 中 C=4 的每个数据是三根试样的平均值。

C=8 的每个数据是单根试样值

温度对蠕变性能的影响 (纬向)

附表

温度	作用力与 静强度比	蠕变性能	下列时间 (小时) 与初始性能之比			
			1	10	100	200
10°C	30%	E_f	0.982	0.965	0.928	0.915
		G_c	0.870	0.763	0.706	0.636
* 14°C		E_f	0.983	0.965	0.930	0.895
		G_c	0.881	0.822	0.769	0.754
22°C		E_f	0.971	0.960	0.977	0.972
		G_c	0.942	0.888	0.845	0.829

续附表

5°C	50%	E _f	0.981	0.981	0.968	0.956
		G _c	0.926	0.852	0.816	0.775
10°C		E _f	0.965	0.915	0.901	0.887
		G _c	0.802	0.701	0.607	0.563
22°C		E _f	0.978	0.956	0.956	0.950
		G _c	0.888	0.812	0.722	0.673
30°C		E _f	0.967	0.920	0.866	0.853
		G _c	0.866	0.768	0.717	0.691
9°C	70%	E _f	0.966	0.943	0.893	0.891
		G _c	0.855	0.727	0.621	0.608
10°C		E _f	0.870	0.763	0.706	0.636
		G _c	0.802	0.701	0.607	0.563
22°C		E _f	0.957	0.939	0.891	0.860
		G _c	0.844	0.759	0.603	0.517
30°C		E _f	0.978	0.939	0.873	0.862
		G _c	0.831	0.734	0.633	0.627

* 表示该行数值为三根试样的平均值。

对于干法成型的试样 30°C 温度时变形影响不明显。对湿法玻璃钢影响如何做一下。

