

大阪市立大学 工学部
大日本インキ化学工業株式会社

藤井 太一
山岸 敏夫

1. まえがき

繊維強化高分子複合材料の強化繊維として、ガラス繊維、炭素繊維、アラミッド繊維などが用いられておるが、アラミッド繊維は他の繊維と異なり有機繊維で強度、弾性率ともにすぐれており、低比重であり、1962年に開発された新しい繊維であり、注目を受けておる。本報告はアラミッド繊維を用いた、一方向および斜交積層エポキシ樹脂積層板が引張衝撃を受ける場合の強度を調べ、斜交角、試験片長さの影響などについて考察を行ったものである。

2. アラミッド繊維を用いた試験片について

(a) アラミッド繊維について

アラミッド繊維は芳香族ポリアミド繊維で“KEVLAR”と呼ばれており、積層板に用いられるのは高強度、高剛性の“KEVLAR”49である。その弾性係数は13,000 kgf/mm²、引張強さは270 kgf/mm²である。“KEVLAR”29は強度は略々同じであるが弾性係数は6000 kgf/mm²である。本研究においては“KEVLAR”49を用いた。

(b) 試験片の成形

試験片の成形にはプリプレグシートを用い、4層から成る対称斜交積層板にするように積層し、ホットプレスにより130℃で数分間に加圧して規定の厚さにし、170℃で硬化させた。(アフターキュアは170℃、4時間行った。)繊維の配向は引張方向に対して0°, ±15°, ±30°, ±45°, ±60°とした。図1に形状、表1に寸法を示す。

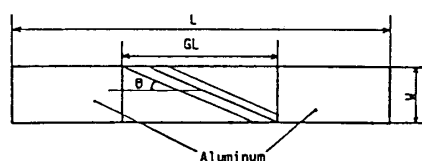


図.1 試験片形状

表. 1

θ (degree)	L	GL	(GL) _{cr} (mm)	W	t
0	140	40		15	0.5
±15	100	20	74.6	20	1.0
±30	85	15	34.7	20	1.0
±45	70	10	20.0	20	1.0
±60	64	8	11.6	20	1.0

3. 実験方法および結果

(a) 実験方法

試験片の上部を試験機に固定されたロードセルに取り付け、下部に打撃端部金具を取り付け、之に重錘を落下衝突させ、引張衝撃荷重を加えた。荷重は、その時間的变化で記録した。またひずみ速度が比較的低い場合(0.1 1/sec. 以下)と比較するため、インストロ型試験機を用いて、クロスヘッド速度を1, 100 mm/min.とした場合について引張試験

を行った。

(b) 実験結果

斜交積層、有限中の板を引張った場合

$$(GL) > (GL)_{cr}$$

ただし

$$(GL)_{cr} = W / \tan \theta$$

であると、繊維は上下テック間ですべて不連続となり

$$(GL) < (GL)_{cr}$$

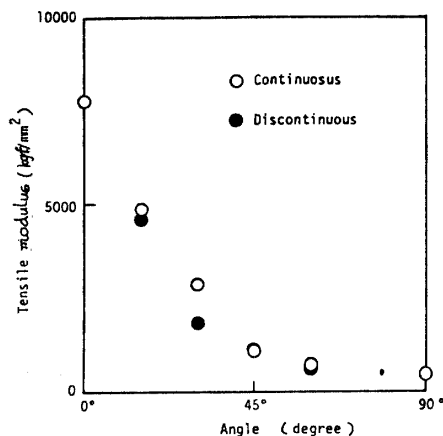


図.2 引張弾性係数と交叉角度の関係

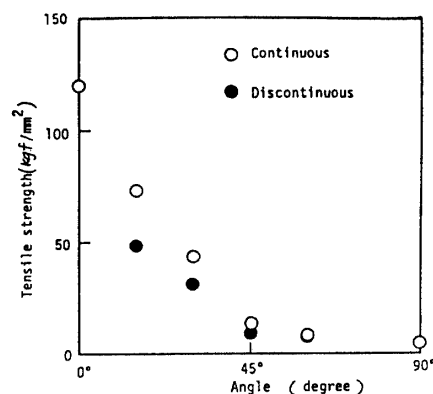


図.3 引張強さと交叉角度の関係

の場合には一部連続となる。図.2および図.3は、引張弾性係数と引張強さの交叉角による変化を示したもので、繊維が不連続となると低い値となることを示している。図.4は引張強さに及ぼす、ひずみ速度の影響を示したもので、一方向繊維強化の場合、(荷重方向と繊維の方向が一致している場合) その破壊強さはひずみ速度大なる程増加した⁽¹⁾のであるが、斜交積層の場合にはそのようにない結果が得られた。静的強度に対する衝撃強度の割合は約90%前後であった。試験片形状は、中々大きくして、不連続繊維部分を少なくすることが望ましいが、試料採取の制限があり、板中の試料作成が困難であった。図.4に示されている切欠試験片は、不連続繊維部分の影響を少なくする目的をもち、両側から切込みを設けたもので、繊維が連続的となっている部分のみを残したものである。切欠部への試験片の強度の方が大さな値になっている。

切欠深さは不連続繊維部分の切断の程度に依存する

のであるが、図.5は、交叉角30°の場合について a/w を変えて試験を行った結果である。

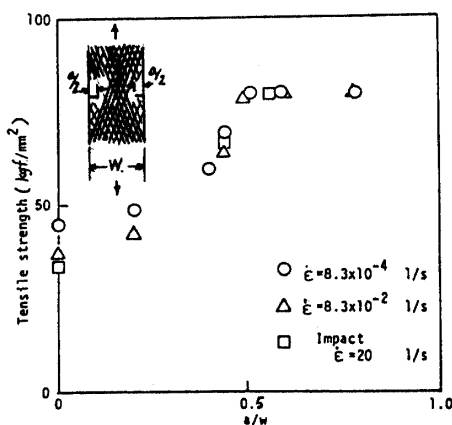


図.5 引張(衝撃)強さに及ぼす切欠深さの影響 (交叉角30°)

$$W / (GL)_{cr} =$$

0.57 の近傍で強

度は略々一定となっている。 $a/w > 0.57$ では、残存するのは連続繊維のみである。従って、此の略々一定となった強度値が、斜交積層板の強度と考えられるが、切欠による応力集中の影響や、不連続繊維部分は切

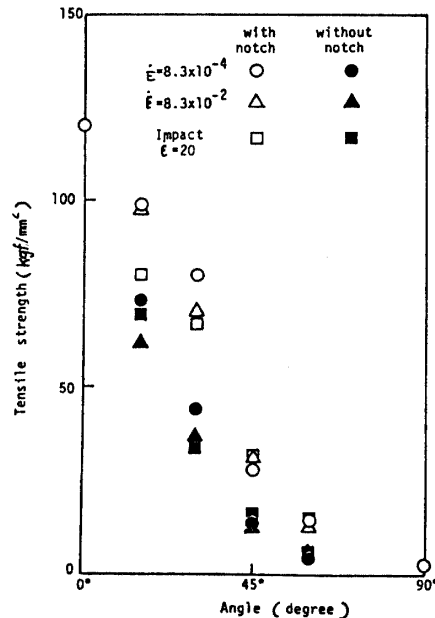
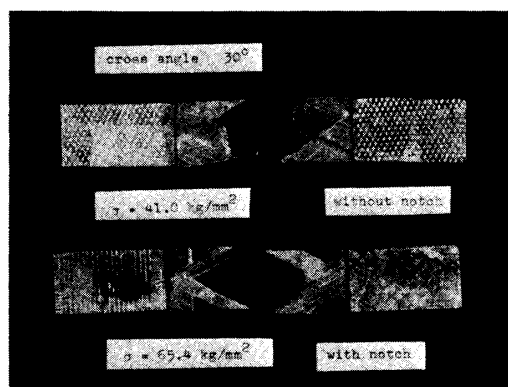


図.4 引張(衝撃)強さと交叉角度の関係

断されてゐるが、連続繊維部の変形を拘束する影響もあるので厳密に斜交積層板の強度とすることはむづかしい。然し乍ら、斜交積層板の引張強度の近似値とすることが出来ると思われる。第1図は試験片の破断状態の一例で、連続繊維部の破壊、不連続繊維部の



第1図 試験片破断状態の例
(衝撃)

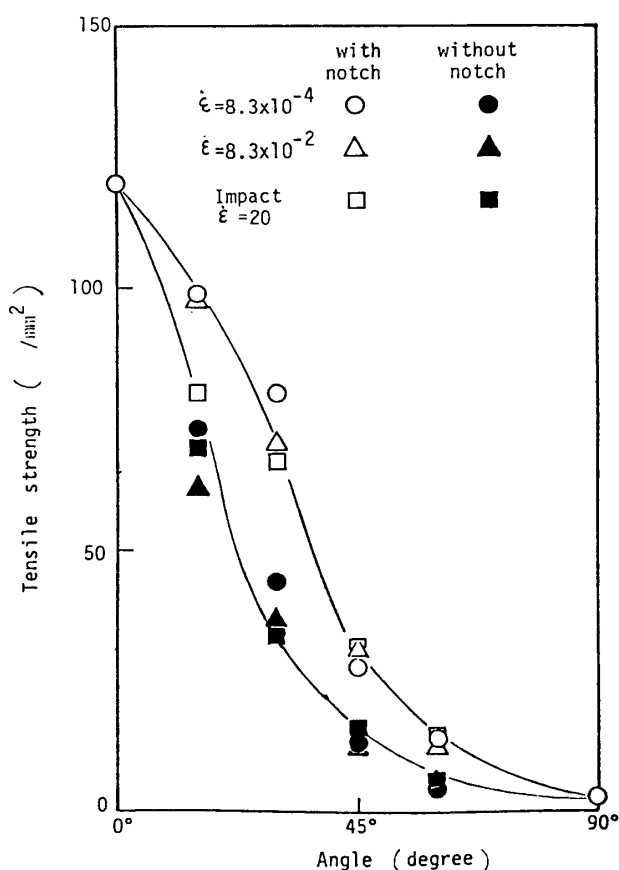


図6 引張強度の実験値と計算値の比較

引張などが混在してゐることを示してゐる。今、近似的に、上記の二つの破壊抵抗の和で強度を表わすと

$$\sigma_c = \sigma_{cf} + \sigma_{cx}$$

ただし

σ_{cf} は連続繊維部の強度

σ_{cx} は不連続繊維部の抵抗である

$$\sigma_{cf} = (\sigma_c)_{\theta=0} \left(\cos \theta - \frac{l}{w} \sin \theta \right) \cos \theta$$

θ は荷重方向と繊維方向のなす角度

$(\sigma_c)_{\theta=0}$ は連続繊維層の繊維方向の強度

$$l = (GL)$$

$$\sigma_{cx} = (n-1) \sigma_s \frac{l^2}{2wt} \sin \theta$$

n は積層数

σ_s は層間せん断すべり応力

σ_s は、不連続繊維部の拘束による連続繊維部の強度低下係数

である。

図6は以上の式による計算結果であつて

$\sigma_s = 0.85$ とした。尚、切欠を設けた場合は σ_{cx} の項を除いて求めた。

層間せん断すべり応力の値は 1.8 kgf/mm^2 とした。

アラミッド繊維を強化材とした場合の強度の必ずし速度依存性はガラス繊維の場合のように著しくないが、斜交積層にした場合を略々同様であることが認められた。

文献：

山岸、藤井：日本機械学会 第55期 総会、講演論文集、NO.804-Z (1980) 1。