

埼玉大学工学部

星野光男

加藤 寛

吉川 敬治

1. 緒言

近年異方性材料は、構造部材として多種多様に使われておりその機械的性質にフッてき多くの研究結果が報告されているが硬さに関する報告は少ない。これは従来の硬さ試験法が等方性材料を目的とした測定法であるため、異方性材料が力学的に複雑な挙動を示すためと思われる。本研究では異方性材料の硬さに着目し、測定方向による硬さの違いを調べた。

2. 試験片および実験方法

本実験では供試材料として、炭素繊維強化プラスチック(CFRP)を用いた。成形条件は、0.25mm厚のプリプレグ40枚を圧力20kgf/cm<sup>2</sup>で130℃40分プレスチューアの後130℃4時間アフターチューアである。表1に機械的性質を示す。試験片(60x40x8)は平面研削盤を用いて仕上げ、板厚の変化は長さ50mmに対して±0.01mm以内にした。圧こんの方向を決めよため、図1に示すように繊維方向と直角をなす線を基準線とし、基準線と圧こんとのなす角度をθとした。

表1 CFRPの機械的性質

角度	0°	30°	45°	60°	90°
弾性係数	11400	1870	1250	910	690
引張り強さ	75	13.4	8.6	8.1	3.5
ねじり降伏強さ	9.0				8.4
ねじり破断強さ	10.2				8.4
層間せん断強さ	5.6				

繊維体積含有率 60%。繊維直径7μ

図1に示すくさび形圧子をロックウエル硬さ試験機に取り付けて測定を行った。圧子はSK5材を用いて焼入れ後(圧子硬さはHr700以上)所定の形状に仕上げた。くさび頂角は工具顕微鏡で測定した。なお図2に示す受台の使用により測定位置および角度は任意に選択できるようにし硬さの表示は、 $H_R = 100 - 500h$  ( $h$  = 押し込み深さ)とした。また荷重条件は、試験荷重Wをくさび横の長さLで割った値  $W/L$  で整理した。

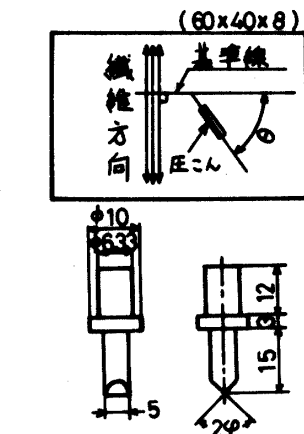


図1 試験片および圧子

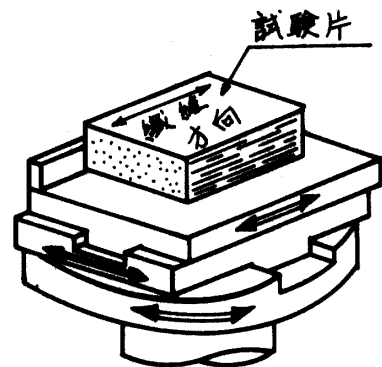


図2 受台

3. 実験結果および考察

$W/L = 12$ , 20kgf/mmとして測定した結果を図3, 図4に示す。押し込み量とCFRPの繊維方向との関係を見るとθ=0°でH<sub>R</sub>値は最大を示しθ=90°で最小値をとっている。CFRPの強さは主として繊維の強さ、繊維とマトリックスの界面接着強さ、マトリックス

スのせん断強さに依存する。 $\theta = 0^\circ$ で最大値を示すのは、 $H_R$ 値が主に繊維強度に依存しており $\theta$ が大きくなるとしたが、繊維強度への依存から繊維とマトリックスの界面接着強さやマトリックスのせん断強さへの依存に拠ってこゝによることと考えられる。次に $\theta$ が頂角 $2\varphi$ が大きくなると $W/l$ 値によらず $H_R$ 値の角度 $\theta$ による変化は小さくなり異方性をとらえにくくなった。これは $2\varphi$ の増大とともに圧子押込みの方向と直角な方向に作用する圧力が0に近づくためである。また $2\varphi$ が小さい場合は $H_R$ 値の変化は大きくなるが、それとともにバラツキも大きくなった。これは圧子と試料の摩擦および炭素繊維の破断が大きくなるようになつたためと思われる。以上の実より材料の異方性を検出するための最適な $\theta$ と $2\varphi$ があることがわかった。本研究に用いたCFRPでは最適 $\theta$ と $2\varphi$ はほぼ $90^\circ$ であった。

$2\varphi = 90^\circ$ において、荷重条件を変えて行った実験の結果を図5に示す。 $W/l$ の値が小さい場合は、押込み量が少いため $H_R$ 値の変化は小さくなった。これは押込み量が減少すると繊維などの寸法効果が入ってくるためと思われる。また本研究では板厚 $8\text{ mm}$ の試験片を用いて $W/l = 30\text{ kgf/mm}$ まで行ったが荷重を増して押込み量を多くすると板厚による影響や圧子変形の影響を無視出来なくなり、この実から $W/l$ 値にも最適値が存在すると考えられる。なお本研究においては圧入回数が少ないため圧子の摩擦は無視した。

4. 結言

くさび形の圧子を用いて異方性を有する材料の硬さと、測定方向との関係を測定した結果、材料の組織上の異方性を硬さ測定により検出し得ることかわかった。本研究で用いたCFRP材に於いて最適 $\theta$ と $2\varphi$ は約 $90^\circ$ であった。また荷重条件は( $W/l$ の組合せにより) $H_R$ 値 $20 \sim 90$  ( $h = 0.02 \sim 0.16\text{ mm}$ )を導きよる選べばよいことかわかった。

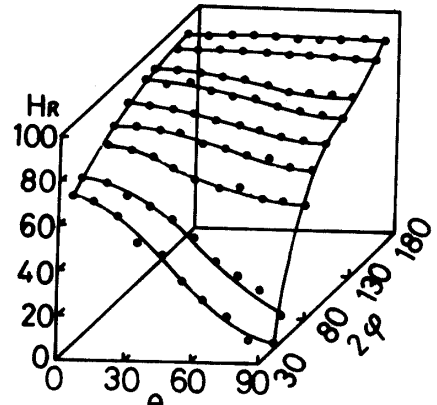


図3  $W/l = 12\text{ kgf/mm}$ ,  $H_R \sim 2\varphi \sim \theta$

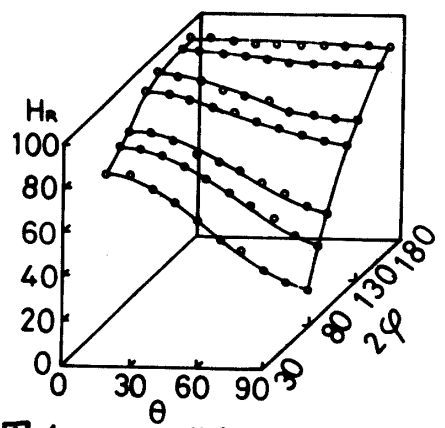


図4  $W/l = 20\text{ kgf/mm}$ ,  $H_R \sim 2\varphi \sim \theta$

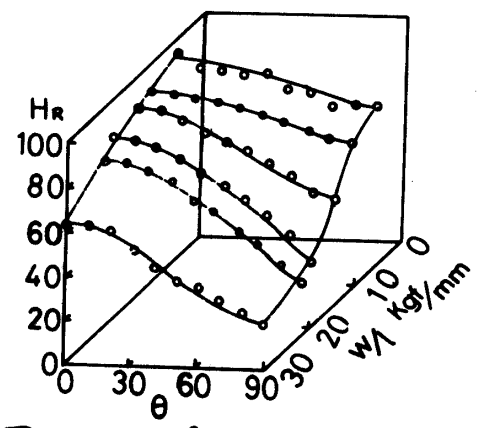


図5  $2\varphi = 90^\circ$ ,  $H_R \sim W/l \sim \theta$