

## 超音波振動によるGFRPの切削

(切削条件の切削抵抗への影響について)

苫小牧高専 ○学 桑山 敬弘 学 長利 友幸 正 中津 正志  
正 池田 慎一 藤川 昇

### 要 旨

GFRPを超音波振動させた工具で切削を行い、加工条件、試験片繊維角度、振動方向などの組み合わせの中で、各要因が切削抵抗にどの程度影響を与えるか、実験計画法により影響度を調べた。さらに粗さへの影響度とも比較した。

### 1. はじめに

GFRPを超音波振動切削した場合の各種加工要因による仕上げ面や切削抵抗への影響については明らかになっていない。特に多数ある要因の中の 하나가他の要因の組み合わせの中でどの程度仕上げ面や切削抵抗に影響しているかについては報告例がない。筆者等は仕上げ面については前報<sup>1)</sup>で報告した。本報では切削抵抗に与える影響度について調べ、仕上げ面の場合と比較したので報告する。

### 2. 実験方法

加工に影響を与える要因として、加工条件、試験片(繊維角度)、振動方向(振動子の角度)など8つ取り上げ各要因について2~3水準を設定(表1)した。実験は実験計画法<sup>2)3)</sup>に従い各水準をL18直交表に割り付け、加工条件の組み合わせを決定した。

表1、実験条件

要因の水準	1	2	3
A. 切削油	無し	水性	
B. 切込(mm)	0.10	0.15	0.20
C. 切削速度(mm/min)	1000	2000	4000
D. 繊維角(deg)	135	90	45
E. ローリング角(deg)	0	5	10
F. ピッチング角(deg)	0	8	16
G. 切削幅(mm)	0.50	0.75	1.00
H. 前加工切込(mm)	0.01	0.03	0.05

切削は図1に示すような自作のジグに振動子を固定し先端の工具を超音波振動させ準二次元切削した。

工具材種は超硬K-10を使用し、被削材を工具動力計に固定し切削抵抗を測定した。実験順序はランダムに2回行い、実験順序による誤差が均等になるようにした。

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 各要因による切削抵抗の変化

図2、図3は各要因の水準ごとの抵抗の変化を示す。切削油を使用することによって主分力が低下してい

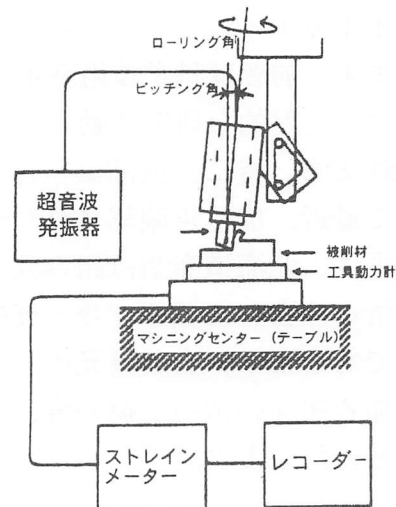


図1 超音波振動切削装置

る。振動子の関係から超音波切削では切削油の使用は出来ないが、液の飛散を防ぐため、加工面を湿らせる程度塗布し切削したところ、切り屑の飛散がなく、切削抵抗が減少し良好な効果が見られた。しかし、背分力にはほとんど効果は見られなかった。

切り込み、切削速度、切削幅による変化は通常の切削において見られる傾向と一致しており、切削断面積の増加とともに抵抗が増加していた。

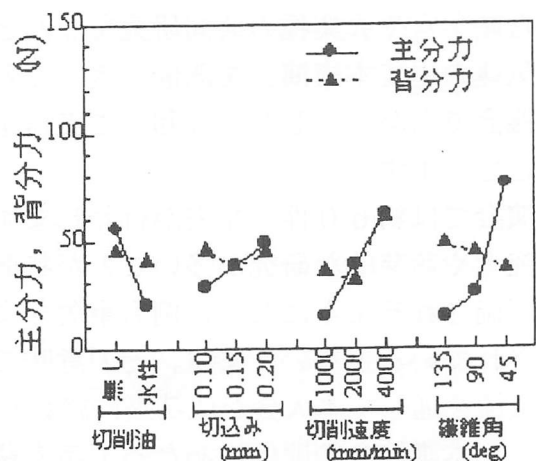


図2 各要因の切削抵抗(1)

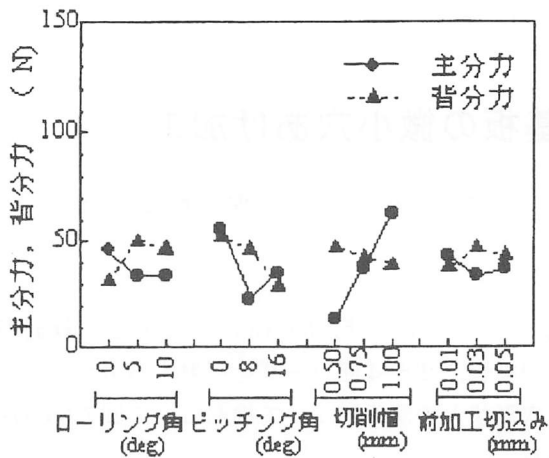


図3 各要因の切削抵抗 (2)

繊維角が順目から逆目に変化するに従い抵抗が大きく上昇している。これは順目から逆目切削になるに従って、所定の切り込み量以上を過切削することや、繊維の掘り起こしや層間剥離などに力を要するためと思われる。

ローリング角はほとんど抵抗値には影響なかった。

前加工切り込みによる繊維と樹脂の分離など仕上げ面の状態で影響が出るか注目したが、実験の範囲ではほとんど影響ないことが分かった。

ピッチング角は8度で一度低下しているがこれは、この角度付近の時、振動方向が切削方向に一致するため主分力の低下につながったものと思われる。

### 3.2 分散分析表

抵抗値から各要因について分散分析した結果を表2に示す。

表2 分散分析表

	主分力				背分力			
	変動	S	f	分散比	変動	S	f	分散比
A	5,863.36	1	5,863.36	770.03	85.11	1	85.11	0.88
B	1,237.26	2	618.63	81.24	210.75	2	105.37	1.09
C	6,704.92	2	3,352.46	440.27	3097.83	2	1548.92	16.08
D	13,073.35	2	6,536.68	858.45	435.29	2	217.65	2.26
E	605.27	2	302.64	39.75	1182.95	2	591.47	6.14
F	3,285.23	2	1,642.61	215.72	1744.21	2	872.11	9.05
G	7,310.37	2	3,655.18	480.03	203.68	2	101.84	1.06
H	241.08	2	120.54	15.83	230.16	2	115.08	1.20
e	15.23	2	7.61	—	125.97	2	62.99	—
e'	15.23	2	7.62	—	770.56	8	96.32	—
T	38,336.07	17	2,255.06	—	7315.96	17	430.35	—

繊維角、切削油使用、切削幅、切削速度の場合に分散比が高く主分力に影響を与えていることがわかった。前加工条件は分散比が一番低かった。

背分力では繊維角、ピッチング角の分散比が大きいですが、誤差分散が大きいので全体に分散比は低かった。切削油の影響は主分力と異なりほとんどないことがわかった。

### 3.3 各要因の寄与率

分散分析の結果から残差に比して小さい分散比の要因の変動をプールして誤差に含め、次式で寄与率を求めた(表3)。前報<sup>1)</sup>の粗さの結果も併記した。

$$\rho_x = (S_x - f_x V_{e'}) / S_t \times 100$$

$\rho_x$ : 要因Xの寄与率       $S_x$ : 要因Xの変動

$f_x$ : 要因Xの自由度       $V_{e'}$ : 誤差分散

$S_t$ : 総変動

表3. 各要因の寄与率

	振動有り			振動無し		
	切削抵抗		粗さ	切削抵抗		粗さ
	主分力	背分力		主分力	背分力	
A	15.3	-0.2	12.3	----	3.8	0.3
B	3.2	----	----	----	12.1	0.3
C	17.5	39.7	6.8	----	----	----
D	34.1	3.3	51.9	37.6	28.6	97.9
E	1.5	13.5	----	----	----	0.6
F	8.5	21.2	3.8	23	8.6	0.6
G	19.0	----	----	----	34	0.1
H	0.6	----	----	----	----	0.1
E	----	----	----	----	----	----
e'	0.3	22.5	25.2	39.4	12.9	0.1
T	100	100	100	100	100	100

粗さの場合、繊維角の寄与率は5.1%にもなり、切削油を除く他の要因の影響は誤差に含まれたが切削抵抗の場合、繊維角は3.4%程度で低い。

繊維角、切削幅、切削速度、切削油使用は主分力に与える影響があり寄与率が各10%を越えた。

### 4. 終わりに

GFRPの超音波振動切削を行った結果をまとめると、

- 1) 繊維角、切削幅、切削速度、切削油使用は主分力に影響を与えた。
- 2) 背分力は要因による変動が小さく、多くの要因が誤差に含まれた。
- 3) 粗さの場合は繊維角の寄与率は5.1%にもなり、切削油を除く他の要因の影響は誤差に含まれたが抵抗の場合、繊維角は3.4%程度であった。
- 4) 超音波振動切削においては加工面に切削油を塗布するだけで切削力の低下が得られた。

最後に本研究にあたり、西村圭太君、末野秀昌君に御協力いただきましたので記してお礼申し上げます。

### 5. 参考文献

- 1) 超音波振動によるGFRPの切削(各種要のSN比による評価) 1999年度精密工学会北海道支部学術講演会論文集
- 2) 実験計画法上・下 田口玄一 丸善
- 3) 機械加工におけるSN比の評価、「機械技術」第32巻第3号、第5号