

オーガビットによる木材の機械穴あけ加工における切削力

— ビットの持ち上げ力と安全作業について —

番匠谷 薫・大内 毅*・岩澤 弘次郎**
(2000年12月7日受理)

Cutting Force in Machine Boring of Wood with Augar Bit : Lifting Force of Wood by Augar Bit and Safety Working

Kaoru BANSHOYA, Takeshi OHUCHI and Kojiro IWASAWA

Abstract. Machine boring of agathis (*Agathis alba* Foxw.) and other five wood species with both augar bits with a feed-screw at the center and screw-killed bits by use of drilling machine were performed under boring conditions of 1500 rpm of spindle speed and 0.1-0.3 mm/rev of feed per revolution, cutting force (thrust and torque) was measured. Maximum lifting forces of wood by augar bits with different diameters at the first stage of boring were examined and were compared with those for the screw-killed bits. Furthermore, the difference of mean cutting force for 15-mm boring depth of outer corner of bit between the two kinds of bits were also examined. From the experimental results, it became clear that the maximum lifting force of wood by augar bit increased with increases in bit diameter or feed per revolution for all wood species. Thus, since machine boring of wood with augar bit with holding it by hand can be regarded to be very dangerous, safty working of wood machine-boring for pupils at juniar high school was discussed.

1. 緒 言

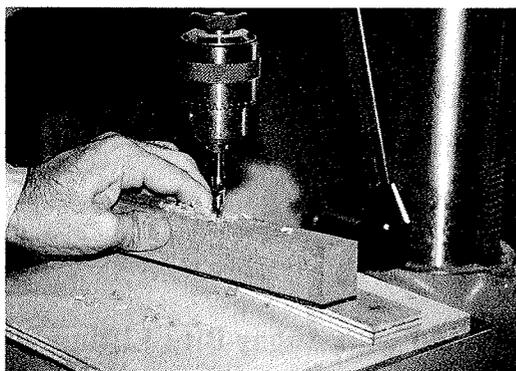
中学校技術・家庭科における材料の機械加工学習では、中学生が比較的安全に使用できる工作機械としてボール盤が選ばれて、木材や金属に穴あけ加工を行うことが多い。木材の穴あけ加工では、一般に、木工錐、板錐、ツイストドリルなどの工具が用いられる。そのほかの工具としてオーガビットが見られるが、同工具は、位置決めと案内を目的とする案内ねじを有するのが特徴である。

オーガビットは、手作業用の木工ビットとしてポピュラーなため、中学校での木材加工室に常備されている工具の1つである。本来的には、くりこぎり、ハンドドリルなどのチャックに取り付けて、手作業で穴あけ加工を行うものであるが、ボール盤の利便性から、ボール盤による機械穴あけ加工において使用される光景を見かけることもある。この場合、木材を手で保持しながら、手動送りによって機械穴あけ加工を行うと、案内ねじが

木材に進入後、瞬時に木材に食い込んで加工深さの調整が困難になる。さらに、ビットの持ち上げ力が作用して、第1図のように、木材を浮き上がらせて回転させるため、手で保持することが困難になって危険である。したがって、オーガビットによる機械穴あけ加工でのビットの持ち上げ力に関する基礎データを明らかにしておくことは、作業の安全面から重要であるが、これについて調べた研究報告はこれまで乏しいのが現状である¹⁾。

本研究では、上記のような観点から、直径6～18mmの間の計5種類のオーガビットとオーガビットの案内ねじを落として円錐形に仕上げたねじ殺しビットを供試し、1回転あたり送り量を変化させて、アガチスほか5種類の気乾木材に機械穴あけ加工を行った。そして、オーガビットを用いて穴あけ加工を行った場合のけづめが木材に進入した時点でのスラストからビットの持ち上げ力を調べて、ねじ殺しビットの場合と比較した。また、両ビットの外周コーナが木材に進入後の加工深さ15mm分

*九州大学大学院生物資源環境科学研究科, **広島市立中筋小学校



第1図 オーガビットの案内ねじによる木材の持ち上げ

の平均切削力を求めて、ねじ殺しの有無による差異を調べた。これらの実験結果から、中学生の安全な木材の穴あけ作業方法について考察した。

2. 実 験

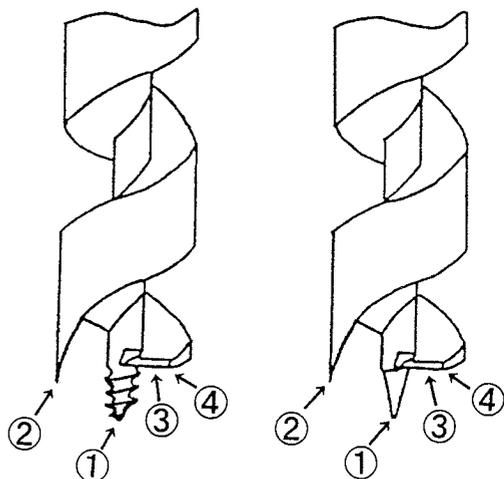
2.1 供試工具と被削材

供試工具には、案内ねじを有する、直径6, 9, 12, 15, 18mmのオーガビット(小林ギムネ製作所製, 商品名: ショートビット)と同じ直径のねじ殺しビットを供試した。ねじ殺しビットは、手作業によってオーガビットの案内ねじのねじ山を細工用やすりを用いて慎重に落として、円錐形に仕上げたものである。

両ビットの先端形状を第2図に示す。ビット材種は合金工具鋼、ねじれ角は 27° であり、けづめと切れ刃を1つずつ有している。第1表に、供試した各直径のビットについて、全長 L (外周コーナから柄の端までの長さ)、みぞ長 ℓ (外周コーナからみぞの端までの長さ)、案内ねじのピッチ p 、案内先端からけづめ先端までの距離 a 、中心ぎり先端から外周コーナまでの距離 b 、の各値を示す。

被削材には、中学校技術・家庭科における木材加工学習での加工材料を考慮して、アガチス(*Agathis alba* Foxw.), レッドラワン(*Shorea negrosensis* Foxw.), スギ(*Cryptomeria japonica* D. Don), ヒノキ(*Chamaecyparis obtusa* Endl.), ベイツガ(*Tsuga heterophylla* Sarg.), ベニマツ(*Pinus koraiensis* Sieb. et Zucc.)の計6種類の気乾木材を準備した。各被削材の密度、含水率を第2表に示す。試験材はいずれも追根木取り材であり、寸法は全て幅29mm, 厚さ32mm, 長さ300mmである。

(a)オーガビット (b)ねじ殺しビット



第2図 供試ビットの形状

①案内、②けづめ、③切れ刃、④外周コーナ

第1表 供試ビットの詳細

直径	L	ℓ	p	a	b
6	85	41	1.1	3.7	4.4
9	94	53	1.3	4.4	5.5
12	93	52	1.4	5.2	6.4
15	112	61	1.4	5.8	7.3
18	111	60	1.4	7.7	9.3

第2表 被削材

樹 種	密度 (g/cm^3)	含水率 (%)
アガチス	0.43	11.8
レッドラワン	0.49	10.8
スギ	0.39	13.3
ヒノキ	0.46	11.5
ベイツガ	0.57	13.1
ベニマツ	0.46	11.5

2.2 実験方法と切削力の測定方法

試験機には、自動昇降式直立ボール盤(アシナ鉄工製, AUD-500)を使用した。上記5種類の直径のオーガビットとねじ殺しビットを用いて、ボール盤のテーブル上に固定した工具動力計(三保電機製, AST-BML)のバイスに固定した被削材に木表側から加工深さ約20mmの止まり穴あけ加工を行った。加工条件は、主軸回転数を

1500rpm に一定にして、1 回転あたり送り量を 0.1, 0.2, 0.3mm/rev の 3 段階に変化させた。

切削力(スラストとトルク)の測定は、1 加工条件につき 3 回繰り返して行い、その平均値を求めた。測定方法については、工具動力計によってスラストとトルクを検出し、動ひずみ測定器(三栄測器, 6M-52)を経てデータレコーダ(TEAC, RD-101T)に収録し、のちにアナライジングレコーダ(横河電機, 6555E)のディスプレイ上にタイム波形を描かせた。そして、ビットのけづめが被削材に進入した時点での切削力とビットの外周コーナの加工深さ 15mm 分の平均切削力を求めた。

3. 結果と考察

3.1 切削力波形

切削力(スラストとトルク)波形の 1 例を第 3 図に示す。同例での被削材はレッドラワンであり、1 回転あたり送り量は 0.1mm/rev である。(a) がオーガビット、(b) がねじ殺しビットの結果である。スラスト波形の縦軸の正負については、軸方向力であるスラストがビットの進行方向に作用している場合を正、その逆を負で表している。同図中、①は案内の進入時点、②はけづめの進入時点、③は外周コーナの進入時点、④は外周コーナが被削材に進入後の加工深さ 15mm の時点、をそれぞれ表している。

木工錐あるいはツイストドリルによる木材の機械穴あけ加工では、切削力のうちスラストは工具の送り方向(進行方向)に作用することが知られている²⁻⁵⁾。(b) のスラスト波形より、ねじ殺し

ビットのスラストも同様にビットの進行方向に作用していることがわかる。しかしながら、案内ねじを有するオーガビットによる機械穴あけ加工では、(a) のようなスラスト波形が得られており、スラストは案内ねじが被削材に進入直後に正の値を示すが、その後負側に移行し、けづめが被削材に進入した時点で負のピーク値を示している。

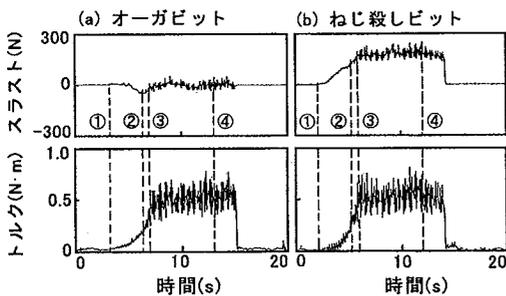
このように、スラストが負の値を示すことは、スラストはビットの進行と逆方向に作用しており、被削材を持ち上げる力として作用していることを意味する。このビットの持ち上げ力は、案内ねじのピッチと 1 回転あたり送り量との差に起因するものと考えられる。すなわち、ビットは 1 回転する間に、案内ねじのねじのピッチ(供試ビットでは、1.2~1.5mm)分進行しようとするのに対し、機械側から 1 回転あたり送り量(実験では、0.1~0.3mm)分しか送り量と与えられないために、ビットの持ち上げ力が作用するものである。

切削力のうち回転方向力であるトルクは、通常ビット、ねじ殺しビットともに、ほぼ同じような波形を示し、加工深さにともなって僅かに増加している。

3.2 けづめ進入時点でのスラスト

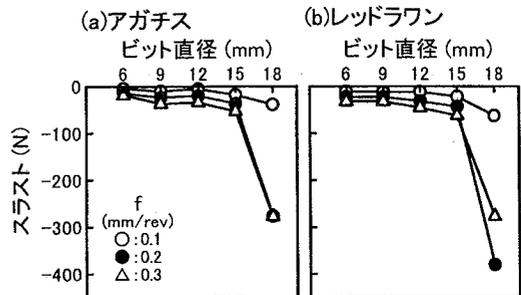
第 3 図(a)のオーガビットのスラスト波形より、スラストはけづめが被削材に進入した時点において負のピーク値を示すことがわかった。そこで、けづめ進入時点でのスラストとビット直径の関係を、1 回転あたり送り量をパラメータとして、アガチスとレッドラワンについて、第 4 図に示す。

同図より、けづめ進入時点でのスラスト、すなわち、ビットの最大持ち上げ力は、両被削材ともに、1 回転あたり送り量が 0.1mm/rev では、ビット直径の増加にともない緩やかに増加している。

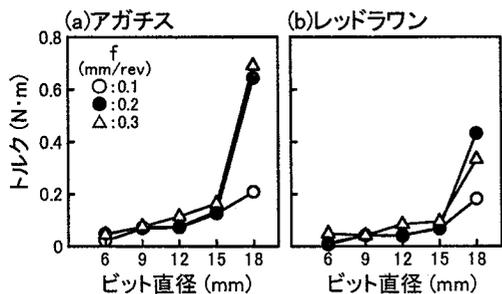


第 3 図 切削力波形

- ①案内の進入時点
- ②けづめの進入時点
- ③外周コーナの進入時点
- ④外周コーナの加工深さ 15mm の時点



第 4 図 けづめ進入時点でのスラストとビット直径の関係



第5図 けづめ進入時点でのトルクとビット直径の関係

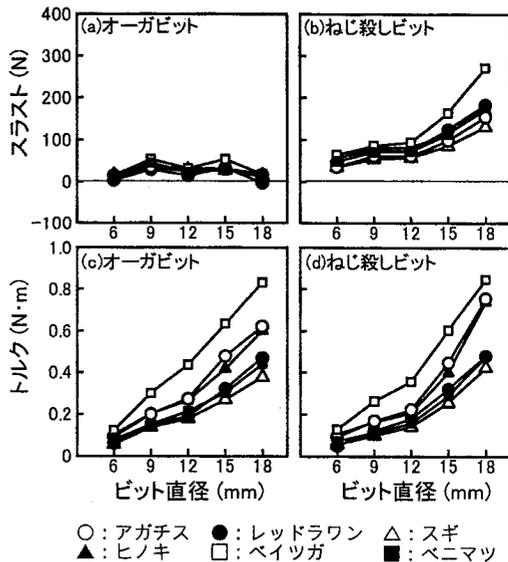
しかし、1回転あたり送り量が0.2と0.3mm/revでは、ビット直径6～15mmの間では同様に緩やかに増加するが、直径18mmでは他の直径での値に比べて極めて大きな値を示している。この傾向は他の被削材も同様であった。アガチスとレッドラウンのビットの最大持ち上げ力の最大値は、それぞれ277N(28.3kgf)、380N(38.8kgf)にも達した。ちなみに、ビットの最大持ち上げ力は、直径18mm、1回転あたり送り量0.3mm/revでのヒノキが最大値を示して、408N(41.6kgf)であり、直径6mm、1回転あたり送り量0.1mm/revでのスギが最小値を示して、7.7N(0.8kgf)であった。

つぎに、けづめ進入時点でのトルクとビット直径の関係の1例を第5図に示す。(a)はアガチス、(b)はレッドラウンの結果であるが、いずれも第4図のスラストとビット直径の関係に符合しており、ビット直径が大きいほどトルクは増加し、直径18mmにおいて極めて大きな値を示した。なお、他の被削材の場合もこれと同じ結果が得られた。

3.3 ねじ殺しの有無による平均切削力の差異

第6図に、ビットの外周コーナが被削材に進入後の加工深さ15mm分(第3図の③～④の区間)の平均スラスト、平均トルクとビット直径の関係を、1回転あたり送り量が0.1mm/revの場合について、被削材をパラメータとして示す。(a)と(c)はオーガビット、(b)と(d)はねじ殺しビットの結果である。

平均スラストは、(a)と(b)のように、いずれの被削材の場合も、また、いずれのビット直径の場合も、オーガビットがねじ殺しビットよりも小さい値を示している。ねじ殺しビットは、ビット直径が大きいほど増加するのに対し、オーガビットは、ねじ殺しビットに比べて、ビット直径によ

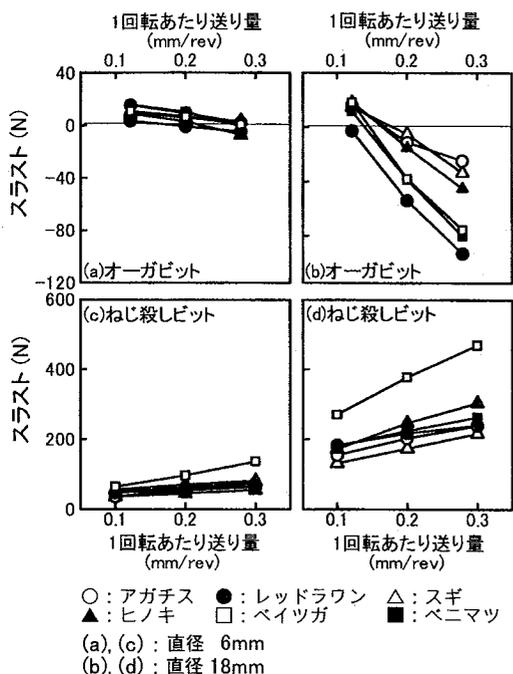


第6図 加工深さ15mm分の平均スラスト、平均トルクとビット直径の関係

る大きな変化は見られない。一方、平均トルクは、(c)と(d)のように、両ビットともにビット直径の増加にともなってほぼ同じように増加しており、案内ねじのねじ殺しの有無による差異は見られない。

つぎに、オーガビットとねじ殺しビットの平均スラストと1回転あたり送り量の関係を、ビット直径6mmと18mmについて被削材をパラメータとして第7図に示す。直径6mmのオーガビットの平均スラストは、(a)のように、正のプロットが多く見られ、1回転あたり送り量の増加にともなう変化は僅かである。これに対し、直径18mmでは、(b)のように、正のプロットは僅かで、負のプロットが多くなっており、1回転あたり送り量に対する平均スラストの変化は直径6mmの場合に比べて大きくなっている。一方、ねじ殺しビットでは、スラストは加工中に常に被削材を押さえる力として作用するために、(c)と(d)のように、平均スラストは両ビット直径ともにいずれも正の値を示している。この値は、1回転あたり送り量の増加にともなって直線的に増加しており、その増加割合はビット直径18mmが最も大きくなった。

平均トルクと1回転あたり送り量の関係についても検討したが、第7図と同様に、オーガビットとねじ殺しビットの平均トルクと1回転あたり送



第7図 加工深さ15mm分の平均スラストと1回転あたり送り量の関係

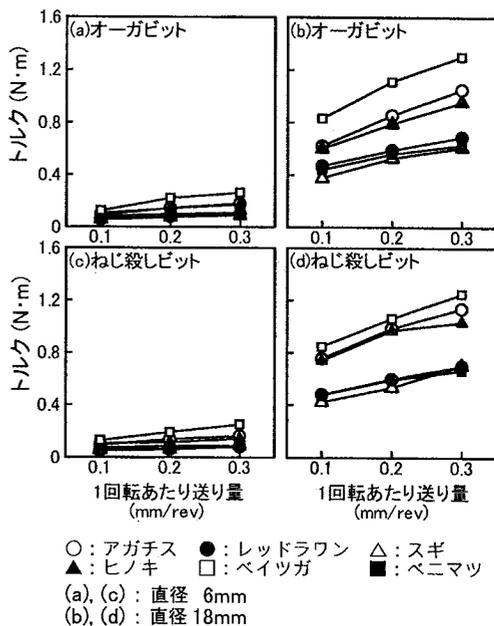
り量の関係を、ビット直径6mmと18mmについて被削材をパラメータとして第8図に示す。同図のように、両ビットともに、平均トルクはいずれの被削材も1回転あたり送り量の増加ともなって直線的に増加するが、案内ねじのねじ殺しの有無による顕著な差異は認められなかった。

3.4 中学生の安全な穴あけ作業についての考察

中学校技術・家庭科における木材加工学習の機械穴あけ加工では、卓上ボール盤やミニボール盤などが使用されるが、本研究で行ったような自動送りで加工を行うことは極めて稀れであり、手動送りで行うのが一般的である。

上記の実験結果が示すように、自動送りによるオーガビットでの機械穴あけ加工では、切削初期でのけづめ進入時点でのスラストも、加工深さ15mmの平均スラストも、1回転あたり送り量とビット直径が大きいほど大きい負の値を示すことから、穴あけ加工中にビットの持ち上げ力が作用していることがわかった。

したがって、手動送りによる穴あけ加工においても、バイスを使用せずに木材を手で保持した場



第8図 加工深さ15mm分の平均トルクと1回転あたり送り量の関係

合とバイスにクランプしても木材の締め付けが不十分な場合には、オーガビットの案内ねじの先端が木材に進入直後に、ビットの持ち上げ力が作用して、木材が持ち上がって回転しようとするので危険である。

この穴あけ加工を安全に行うには、オーガビットの使用を避けて、工具先端の案内内部にねじを有しない他の工具、例えば、オーガビットと同じ形状で案内内部が三角形になっている先三角ビット、ツイストドリル、板錐などを用いるか、オーガビットの案内ねじをやすりで落として円錐形に仕上げたねじ殺しビットを用いればよいことになる。さらに、止むを得ずオーガビットを使用する場合には、木材を手で保持するのではなく、バイスに確実にクランプして穴あけ加工を行うことが必要である。しかし、この場合、工具を手動送りすると、オーガビットの案内ねじの大きなピッチとボール盤の高い回転数によって、ビットが急激に引き込まれるように木材に進入するので、これに対する注意も必要である。

なお、本実験での工具の送り方向とは逆に、テーブル上に固定した木材に対して、テーブルの下側に位置するビットを上方に向けて送りを与えな

がら穴あけ加工を行うと、逆にビットの持ち上げ力が作用するので、安定した加工ができると考えられる。現在、このように送りを上方に与えながらテーブル上に保持した木材に穴あけ加工を行うマシンとして、建築用平角材にロングオーガビットで貫通穴あけ加工を行う、胴差しかんざしボルト用専用ボーリングマシンを見ることができる。同機は、木造住宅用プレカット加工機械の1つである。

4. 結 語

本研究では、案内ねじを有するオーガビットとオーガビットの案内ねじのねじ山を落として円錐形に仕上げたねじ殺しビットを供試して、アガチスほか5種類の気乾木材の機械穴あけ加工を行い、切削力(スラストとトルク)を測定した。

オーガビットによる穴あけ加工では、けづめ進入時点において、スラストは負のピーク値を示し、ビットの持ち上げ力が作用した。この持ち上げ力は、ビット直径と1回転あたり送り量が大きくなるほど、大きい値を示した。一方、ねじ殺しビットでは、スラストは正の値を示し、ビットの持ち上げ力は作用しなかった。また、オーガビットの外周コーナが木材に進入後の加工深さ15mm分の平均スラストは、いずれのビット直径と1回転あたり送り量の場合も、ねじ殺しビットの値よりも小さい値を示した。

このように、オーガビットによる木材の機械穴あけ加工では、ビットの持ち上げ力が作用するため、木材を手で保持しながら加工を行うと危険で

ある。したがって、中学生の安全な穴あけ作業を考えると、オーガビットの使用を避けて、工具先端の案内部にねじを有しない他の工具、すなわち、先三角ビット、ツイストドリル、板錐などを用いるか、オーガビットの案内ねじをやすりで落として円錐形に仕上げたねじ殺しビットを用いて、木材をバイスに確実にクランプして機械穴あけ加工を行うことが望まれる。

なお、本報告の一部は、日本木材学会中国・四国支部第9回研究発表会(1997年10月、鳥取)において発表した。

文 献

- 1) 大内 毅, 番匠谷薫: オーガビットによる木材の穴あけ加工における切削力, 木材工業(投稿中).
- 2) G.E.Woodson, C.W.McMillin: Boring Deep Holes, *Forest Products Journal*, **22**(4), 49-53 (1972).
- 3) 小松正行: 木質材料の穴あけ加工性(1)日本産広葉樹のドリルによる穴あけ加工性, 木材学会誌, **21**(10), 551-557 (1975).
- 4) 番匠谷薫, 森 稔: 木材および木質材料の穴あけ加工における工具寿命(第2報) 工具材種および被削材の影響, 木材学会誌, **27**(8), 640-648 (1981).
- 5) 浜本和敏: 低周波振動ドリルによる木材の穴あけ加工に関する研究(第1報) 振動および穴あけ加工条件が切削抵抗に及ぼす影響, 木材学会誌, **42**(5), 445-463 (1996).