

穿孔帯鋸による挽材に関する研究 (II)

—挽材性能に及ぼす穿孔形の影響—

桜井敏夫 (木材加工学研究室)

Toshio SAKURAI

Studies on Sawing with the Perforated Band-saw Blades (II)

—Influence of the Punching Form to the Sawing Efficiency. —

まえがき

円形穿孔はほぼ真円に近い孔であるが、長円穿孔は Fig. 1 に示す如く陸上競技場、トラック形の穿孔で、一般に用いられている形は、長径1吋～2吋短径 $\frac{3}{8}$ 吋～ $\frac{5}{8}$ 吋程度のもが多い。

この長円はポンチの製作が円形より困難であり、打抜操作に於いても円穿孔の場合程容易ではない。(即ち、円形穿孔の場合は、穿孔操作中鋸身に突入したポンチを鋸身を自由に回転させることによって容易に引き抜くことが出来るが、長円の場合はこのポンチの引き抜きが困難である。)

しかるに、このような長円の穿孔形が用いられている理由は、円形のものに比して挽材上何等かの優点があるのではないかと考えられる。即ち、穿孔による鋸身への影響力の大小は穿孔の面積によるのか、又は形状により左右されるのか等を調べることによって、又円形穿孔と異なる結果が得られるであろうと考えた。

本実験は、円と異形の長円2種の合計3種類の穿孔形態を選んで、長円形と円形穿孔との性能差について検討を加えた。即ち、鋸身の走行方向に長軸をおいた長円と、その長軸を90°回転して穿孔したものと2種を作り、前者を縦型穿孔後者を横型穿孔と呼ぶことにした。

供試材は皮付丸太で挽材方法はいわゆる「だら挽き」である。挽材巾はほぼ15～50cmである。これらの丸太は時に砂、土を有し、鋸刃を破損する場合があるので挽材時には充分な注意を払った。

なお、帯鋸は何れも24 B.W.G 鋸巾10吋の新しい素材から目立加工(条件は総て同一)されたものである。⁽¹⁾

追記：本研究の主体は文献(1)の挽材試験結果をさらに究明したものである。

A 縦型穿孔による影響

円形と長円形とについてその形状差がF、dに及ぼす影響を比較検討した。

供試帯鋸は24 B.W.G. の3本 (No. 1, No. 2, No. 3) であり、円穿孔は前試験結果から比較的性能が良いと思われる条件を選んだ。又、長円穿孔は、一般に用いられているものと、これに類形のものとの2つを選んだ。穿孔帯鋸の実態を Fig. 1 に示す。

供試材の平均径級は40.3cm、平均含水率は102%、挽材の厚さは22mmである。

送り速度は、原木に附着する土砂等によって、鋸破損の心配があるために、必ずしも総てを最高の速度で送材することができたとは云えない。したがって、 F_{max} の状態で総てを挽材したとは限らない。よってFに対するdの関係d/Fの比をも求めて、挽材力と切込深さとの関係についても検討を加えた。

なおFは正味挽材動力Kと比例関係にあるから $d/F \propto d/K$ の関係によって、穿孔による影響をこの方面からも、さらに検討しようと考えた。

1) 試験結果

(a) 円形穿孔の場合

Dに対するF、d及びd/Fの各関係をFig. 2に示す。

(i) 長円(縦型)穿孔の場合

(i) 小型：Dに対するF、d及びd/Fの各関係を Fig. 3に示す。

(ii) 大型：Dに対するF、d及びd/Fの各関係を Fig. 4に示す。

以上の各試験結果によるF、d、d/Fの穿孔前後の変化の傾向は次のようになる。

・Fについて

円 (No. 1) 及び長円小型 (No. 2) は何れも大差がない。併し、長円大型 (No. 3) のS=234mm (A) のものは原帯鋸より上位、S=117mm (B) は下位になる。

したがって、この場合のFは、長円大型 S=234mm (A) がよく、S=117mm (B) は穿孔量過度により、鋸身の強度が低下し、それにしたがって送り速度も低下したと思われる。併しFは必ず常に F_{max} の状態で

挽材したとは考えられないから d についても比較しなければその性能差は判別できない。

• d について

円 (No. 1) と、長円大型 (No. 3) の $S=234\text{mm}$ (A) は何れも原帯鋸より上位。長円小型は大差がない。

したがって、長円小型は F の点に於いても d についても変化の傾向が僅かである。

• d/F について

長円大型 (No. 3) は間隔の狭い $S=117\text{mm}$ (B) がもっとも差が大きく、円がこれに次ぐ。長円小型は差が僅少である。

以上から長円の小型は何れも穿孔による挽材性能 F , d への影響は僅少である。又長円の大型は影響が大きく、その S の大なるものは円とほぼ類似した変化の傾向を示す。又穿孔量を2倍に増加したときは、鋸身の強度的不安定性が増大し、 F, d 何れも成績が低下する、併し d/F は上昇する。その原因は鋸屑等の排除が良好となり鋸身の側面摩擦力が通減しその結果、動力的には有効な仕事をなし得たのではないかと考えられる。

2) 考 察

以上の実験によって、例え穿孔形の面積が同一であっても、その形態によって、鋸身並びに挽材性能におよぼす影響は夫々異なることが判った。これは形状により性能におよぼす影響が相違するということである。

即ち長円小型の、軸長は夫々 9.5mm と 40.0mm で、面積は約 361mm^2 であり、円形穿孔の面積は直径 19.0mm , 284mm^2 である。したがって、 $\epsilon=3.1\%$ に於ける両者の性能変化は当然面積の大きい長円形が円形穿孔より大きな変化の傾向を示す筈である。然るに、本結果によれば円形穿孔よりさして大きな変化を示さない。よって、穿孔形の影響力は同一形態の場合には、その面積の大小によるが、異形間に於いては比較できないことを示す。そして、この異形間の穿孔による影響力の差は最小径に影響されるのではないかとということが考えられる。即ち長円小型の小軸は 9.5mm 、円、並びに長円は何れも 19.0mm である。そして以上3形態の穿孔帯鋸が示した性能への変化は小型の場合 ($\epsilon=3.1\%$) は殆んど変化しない。そして円と長円大型は何れも変化する。又長円の穿孔数を2倍に増加 ($\epsilon=6.4\%$) すると、挽材能力は著しく低下する。これは円に於いても同様で $\epsilon=4\%$ 以上は、このような傾向を挽材の実験結果が示した。(文献⁽²⁾参照) 又小型の小軸長は 9.5mm で円と考えればすこぶる小径である。これは文献⁽²⁾の小型による挽材結果と比較して考えると、穿孔による性能への影響は僅少であるということが考えられる。

以上から、異形円の穿孔による影響力は、その最小の

径によって定まり、面積によるのではないと推察される

3) 結 語

(a) 円形穿孔の場合No. 1は $\epsilon=3.1\%$ であって、切込深さ d と d^0 の間には、ある程度の相違が認められ d^0 の成績が一般に上昇する。したがって、穿孔による効果を再確認することができたと考えられる。

(b) 長円小型No. 2は $\epsilon=3.1\%$ あるにも拘らず、穿孔による挽材性能への影響力は僅かである。これは、円形穿孔と異形穿孔との形状の差異によると考える。

(c) 長円大型No. 3は $\epsilon=3.2\%$ ($S=234\text{mm}$) の場合即ち (A) の性能の変化は、ほぼNo. 1の円穿孔と類似するが、 $\epsilon=6.4\%$ (B) は強度的に性能が低下する。

以上から、穿孔が鋸身強度並びに挽材性能におよぼす

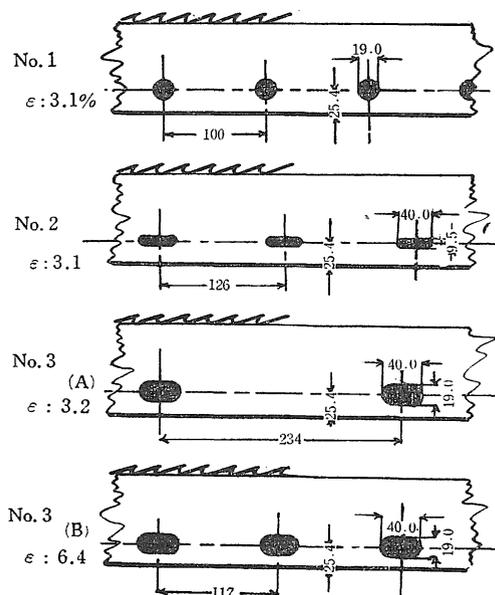


Fig. 1 Perforated bandsaw blades for fest.

影響力は、穿孔の形態によって異なる傾向を示す。したがって、異形間では穿孔面積比 ϵ によってはその変化の傾向を比較推定することが出来ない。

なお本実験結果より、考察できることは異形間の穿孔による挽材性能におよぼす影響力は、個々の穿孔の面積 (円: 284mm^2 , 長円: 361mm^2) よりも、穿孔の最小径、即ち円は直径、長円は小軸長によって、左右される傾向が強いということが判った。

B 横型穿孔による影響

ここにいう横型穿孔形とは Fig. 5 に示すような長円

の長軸を、帯鋸巾の方向に合せて穿孔した場合である。これらは挽材時鋸身が切断する危険性（穿孔部にセリ、又は小木片が入り易い欠点がある。）があるように考えられることと鋸身の寿命の観点からも我国では実際には用いられていない。

この型式のものはAで使用した長円大型及び小型の穿

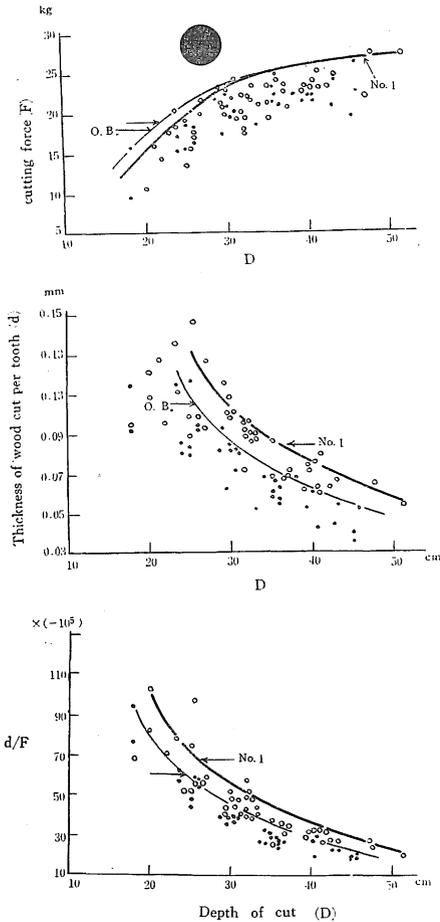


Fig. 2 Sawing tests (No. 1)
(O. B : original band saw blades)

孔長軸を 90° 回転して打抜いて作った。各型式の帯鋸 No. 4 No. 5 を Fig. 5 に示す。

このような形式の帯鋸を作った理由は、帯鋸の挫屈強度は、走行方向に強く、送材方向に弱いという、帯鋸の荷重条件に対する解析結果⁽⁶⁾から考えて、あるいは強度的に有利ではないかと考えたこと、鋸屑排除に対しても有効ではないかと考えたからである。

鋸厚、目立条件、供試材等は総てAの条件と同一であ

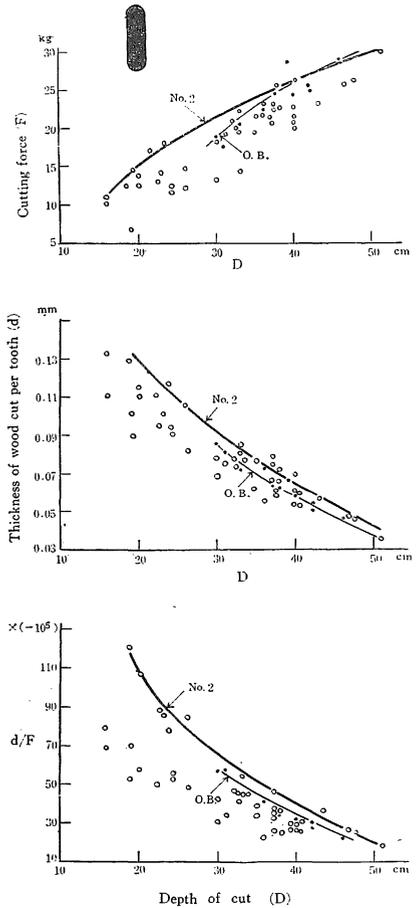


Fig. 3 Sawing tests (No. 2)
(O. B : original band saw blades)

る。併し、帯鋸身への緊張力は前 No. 1~No. 3 の各 10 kg/mm^2 より強力である。即ち、本試験に使用した重錘量は、前試験と同一量のものを用いた。したがって、穿孔型を考慮に入れた鋸身の緊張力 (kg/mm^2) は小型は 58%、大型は 40% の増加割合になる。これは、本帯鋸の穿孔を考慮した断面から計算した重錘量では、帯鋸の緊張帯（歯底部附近）の張力が不足で、挽材ができないということが予備の実験から判ったためである。これは本研究に用いた総ての帯鋸の、腰入れ、背盛量は相当に強い⁽⁶⁾（薄鋸であることも考えて）したがって、歯底部の張力は、鋸身の断面積から求めた平均張力より強力に作用していたことも亦原因すると考えられる。

以上から本帯鋸のような形態の帯鋸では重錘によって帯鋸に働く緊張力は、その分布が巾方向に対しては不均

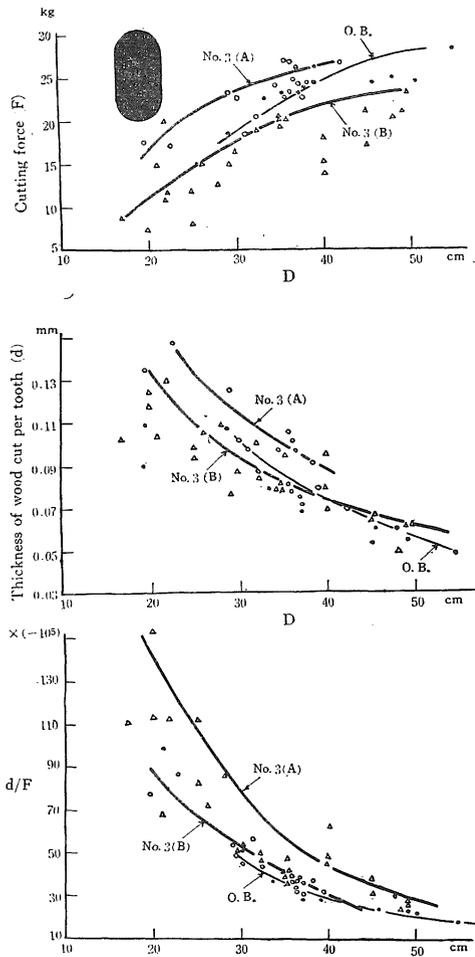


Fig. 4 Sawing tests (No. 3)
(O. B. : Original bandsaw blades)

等である⁽⁴⁾⁽⁶⁾から、鋸身の断面積から算出した重錘量では張力不足となって挽材できない場合が生ずる。本形態の帯鋸はその実例の一つを示す。挽材条件は全く前項と同様で、皮付き丸太の原木を「だら挽き」した。

1) 試験結果

(a) 長円小型（横型）の場合

D と F, d 及び d/F の各関係を Fig. 6 に示す。

(b) 長円大型（横型）の場合

D と F, d 及び d/F の各関係を Fig. 7 に示す。

長円小型 No. 4 は、 $\epsilon = 1.5\%$ (A) から 4.5 (B) に 3 倍しても、何れもその間に変化が大きく表われない。

長円大型 No. 5 も、 $\epsilon = 3.0\%$ (A) から 6.0% (B) に変化しても、前項同形縦型に比してそれ程大きな差が

生じない。

2) 考 察

此の結果を、前試験と同様に、穿孔の径と性能との関係を検討すれば次のように説明できると考える。

長円小型は面積的には大きい、小軸は 9.5mm で非常に小さく、ために変化の傾向が僅少であるとすれば、この傾向は円穿孔の小径の場合と近似的性質を示すと思われる。⁽⁴⁾⁽⁶⁾

長円大型は変化するか穿孔量を 2 倍に増大し穿孔面積が増大しても、又前者 No. 3 (B) に比しても、その間に変化が生じ難いということは穿孔面積のみではなく、穿孔間の距離が前者より大であって強度的に優っていることも又その原因と考えられる。そして又本実験では穿孔量が過大になるにしたがって当然 F 及び d も低下しているがこの現象は又円形穿孔 ($\phi = 19.0\text{mm}$) の場合と近似しているのではないかと考える。

以上から異形穿孔は、何れも穿孔面積よりもむしろその最小径によって性能が変化し、その傾向は最小径に相当する円形穿孔が示す、穿孔効果とほぼ同様な性能を示すと考える。又鋸身へ及ぼす挫屈強度への影響力は、長円形の場合は縦型より、横型の方が少ないと考える。

3) 結 語

長円小型（横型）の場合は、個々の穿孔形の面積が大きく、且つその数量が増加しても、挽材性能に大きな変化が生じない。又大型の場合も同傾向である。これは長円の小軸に相当する円形穿孔が示す性能変化と類似的傾向を示す。

この事実と前項の結果とを合せて考察すると、異形穿孔はその長短の軸を直径とする円穿孔と同様な性質を示すのではないかと考える。したがって長円穿孔はその型態により鋸身に必要以上の強度的影響を与えるのみで、穿孔による効果はその面積に比して少ないと考えられる。したがって円形穿孔が示す性能の向上より、鋸身の強度への負の影響が加わって、挽材結果に一層複雑な変化を示すのではないかと考える。

C 穿孔形及び量が挽材性能におよぼす影響

穿孔量を増加して過度の穿孔を施した場合には、帯鋸の挽材力は穿孔前後において $F_{max} > F^{\circ}max$ となることは当然考えられる。(F, F^oは穿孔前後の挽材力を示す)しかるに、最少にして最適な穿孔条件の判定は、複雑な目立加工技術と挽材条件に左右されること及び鋸身の強度関係の因子も入るから、簡単には数的に導き得ないと推定される。

よって今、今日までに行なった⁽⁴⁾⁽⁶⁾種々なる穿孔帯鋸の内、比較的 F, d が良いと判定したものと、本試験

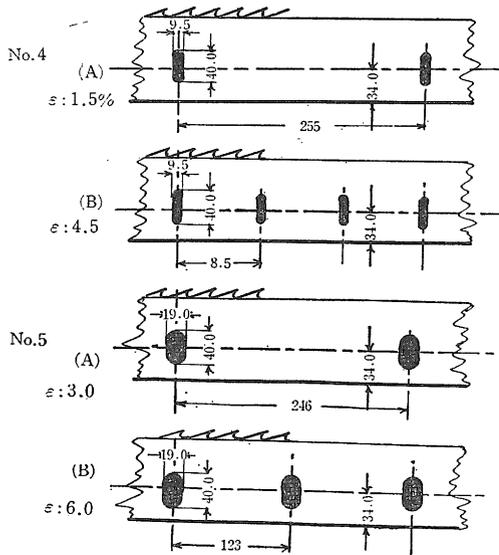


Fig. 5 Perforated bandsaw blades for test.

に於ける各成績のものに加え、穿孔条件と挽材性能との関係を実用的な意味において解明しようと試みた。

即ち、鋸身の総面積Aに対する穿孔総面積aの比ε、と異形の穿孔を考慮に入れ穿孔の中心間隔Sと、穿孔の間隔lとの比ψを次式によって求め

$$\epsilon = \frac{a}{A} \times 100\%$$

$$\psi = \frac{l}{S} \times 100\%$$

挽材成績とε及びψとの関係を求めて検討を加えることにした。(Fig. 8参照)

1) 実験結果と考察

ε及びψとF, dから求めた挽材成績との関係をFig. 9 (○……成績良 △……やや良 ×……不良)に示す。

本関係から、成績良好のものは

$$\epsilon = 3\% \quad \psi = 80\%$$

附近にあると考えられる。これを既報⁽¹⁾の結果と比較すれば、ε = 4%以上は成績が急落することも予想されるから

$$\epsilon = 3\% \quad \psi = 80\%$$

附近に一応穿孔の適量があると考えられる。よって今、ε = 3%を中心として考えれば、3%以下は、穿孔量の過小を意味するから、穿孔による変化の傾向が少なくと云い得る。又3%以上は穿孔量が過大になる恐れが生ずる。したがって、鋸身の強度の低下も次第に表われる可能性

が強くなる。

又、次に

$$\psi = \frac{l}{S} = \frac{S - \phi}{S} = 1 - \frac{\phi}{S} = 0.8$$

であるから、 $\frac{\phi}{S} = 0.2$ $\phi = 0.2 \cdot S$ となり、穿孔間隔の20%程度の穿孔の直径又は軸長がよいことになる。

今、鋸巾が90mm前後のε = 3%のときのSを穿孔形別に求め、その時のψを算定すれば、Fig. 10を得る。

本結果から、ε = 3%であって、なお、ψ = 80%に近

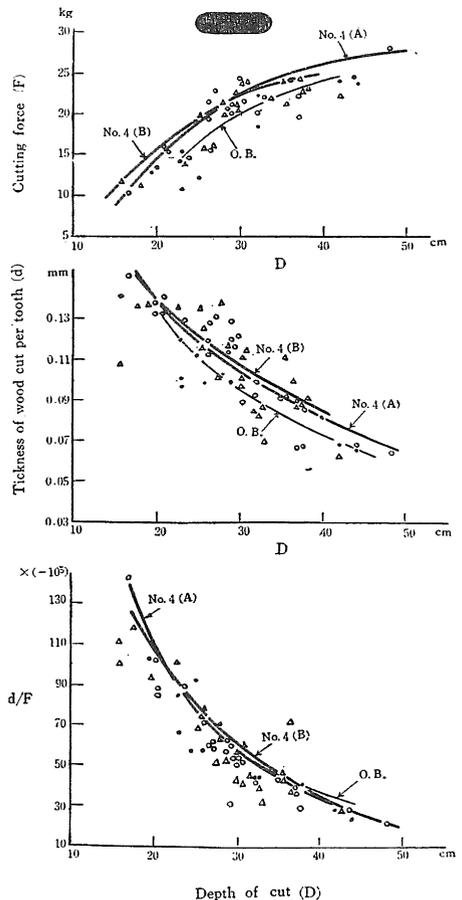


Fig. 6 Sawing tests (No. 4)

(O. B. : Original bandsaw blades)

いものを求めれば、円形穿孔の場合、φ = 19.0mm, S = 106mm, 次にφ = 25.4mm, S = 188mm 又は、長円形はφ = 9.5mm, 40 mm で、S = 134 mm 等のものとなる。これ等を図示すれば Fig. 10 のような形態のものが得られる。併し、前述したように円形穿孔 即ちφ = 25.4か又

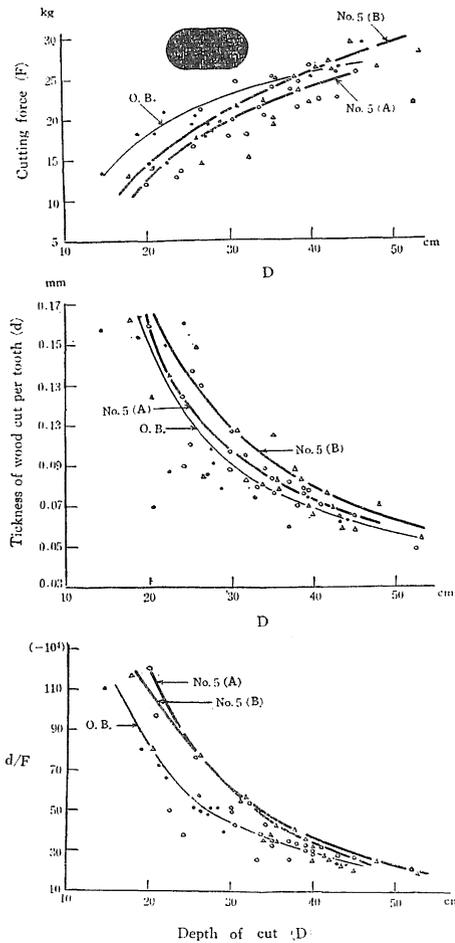


Fig. 7 Sawing tests (No. 5)
(O. B. : Original bandsaw blades)

は19.0mm程度のものが実用的に良いように思われる。

2) 結 語

本章に於ける各穿孔による挽材結果に既報⁽¹⁾⁽²⁾の円形穿孔の内、その挽材成績が良好であると考えられた各帯鋸を加えて、夫々の穿孔条件から、 ϵ と ψ との数値を求め、これらとの関係から適量と考えられる穿孔条件を見出した。

その結果によると、 $\epsilon = 3\%$ 、 $\psi = 80\%$ 附近に比較的挽材成績の良い位置があると考えられる。よって、この条件に合うような穿孔条件を逆に求めると、 $\phi = 19.0$ mmの円形穿孔で、 $S = 106$ mm程度がよいのではないかとと思われる。

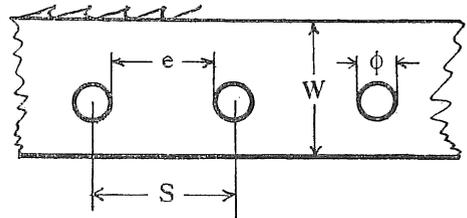


Fig. 8 Model of the perforated bandsaw

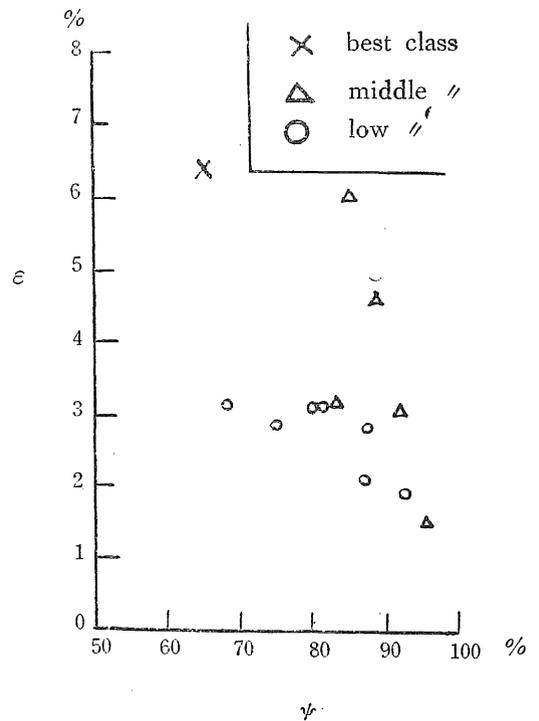


Fig. 9 Sawing efficiencies by the various perforated bandsaw blades

ϵhole's rate
 ψ(S- ϕ)/S

D 総 括

穿孔形に長円を選び、その数量を増加させた場合と長径を鋸身の走行方向と巾方向に変えた場合(前者を縦型、後者を横型穿孔と呼ぶ)等によって生ずる帯鋸の挽材性能の変化を比較検討した。

この場合、穿孔による鋸身及び挽材性能への影響力の比較は挽材力 F kg、切込深さ d mm及びこの両者の比即ち d/F の数値によった。

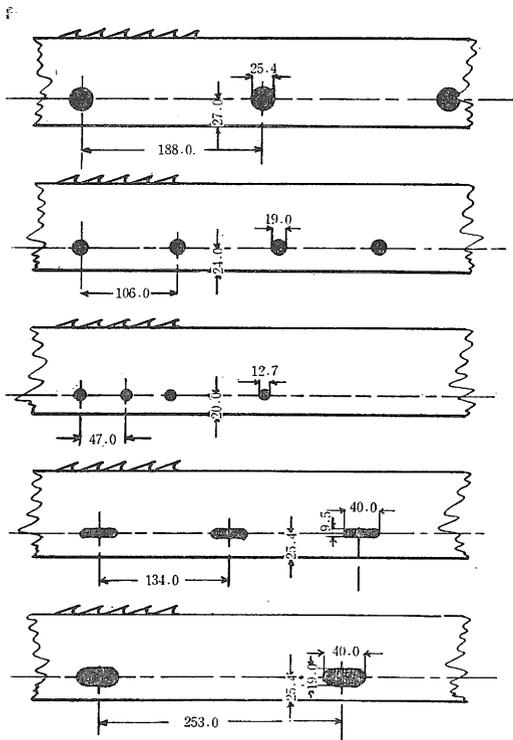


Fig. 10 Examples of the perforated bandsaw blades

本研究に用いた長円の穿孔形は、小型のものは軸長 9.5 mm, 40mm, 面積 361 mm², 大型のものは軸長 19 mm, 40mm, 面積 686mm² である。これと比較するために真円形のものをも加えたがこれは直径が 19.0mm で面積は 284mm² であった。以上の 3つの異形のものを用い、穿孔総面積がほぼ同一量 即ち ϵ が等しくなるように穿孔し穿孔形、穿孔形態 (縦型, 横型) 別に性能を比較検討した。

•長円小型の場合

穿孔の影響が何れの試験でも大きく生じない。そして横型においては、穿孔量を増加しても原帯鋸に比べてそれ程大きな変化が生じない。

•長円大型の場合

穿孔の影響が何れの試験でも大きく生ずる。そして縦型では ϵ が同一の場合 ($\epsilon = 3$) 性能が向上するか横型はその向上が少ない。又穿孔量を 2 倍に増した場合縦型の性能は低下し、横型は低下しない。即ち長円小型は鋸身におよぼす性能への影響力は縦横何れも僅少であるが、大型の縦型は鋸身への影響力が大で強度的に劣るために低下すると考えた。したがって大型のものは一般に挽材結果にバラツキが生じ易く鋸身の強度的不安定性を

示す。

本試験から、挽材性能におよぼす異形穿孔間の関係は縦型・横型軸何れもその小径を直径とした円形穿孔が示す性能変化と類似的な成績を示すと考えられる。したがって鋸身の強度低下におよぼす影響力は、円の直径と長円の短軸が同一なら穿孔面積の大きさから考えても、当然長円のものの方が大きいと考えられる。

次に、穿孔面積の大小による鋸屑排除能力と、これら長円の穿孔間の間隔差による鋸身の強度への影響性から穿孔条件を決める必要があると考えて、円形穿孔の成績の良好と思われる穿孔条件及び各形式の帯鋸についての ϵ と ψ とを求めてその関係を調べた。

その結果 $\epsilon = 3\% \phi = 0.2 S$ の穿孔条件が比較的良成績を示すのではないかと考えた。よって、この条件下の円穿孔を求めれば、 $\phi = 19.0\text{mm}$, $S = 106\text{mm}$ を得た。これは標準的穿孔条件の一つと考え Fig 10 にその形態の一例を示した。

引用文献

1. 伊東邦昭・桜井敏夫：穿孔帯鋸の研究 (第四報) 岐阜県林業試験場試験報告 No. 5 (1959)
2. 桜井敏夫・伊東邦昭：帯鋸の挽材能力について、特に帯鋸の穿孔効果について。岐阜県林業試験場試験報告 No. 2 (1957)
3. 斉藤美鶯・森稔：帯鋸の挫屈について (第1報) (第2報) 木材工業 Vol. 7, Vol. 8. (1952, 1953)
4. 斉藤美鶯・森稔：帯鋸の緊張力について・木材工業 Vol. 10 (No. 4) (1055)
5. 仁賀定三：帯鋸の腰入れについて。木材工業 Vol. 11 (No. 8) (1956)
6. 青山経雄：フランスにおける帯鋸技術の研究 木材工業 Vol. 13, No. 11. (1958)
7. 杉原彦一：薄鋸について木材工業 Vol. 14 No. 4 (1959)
8. 正地佐久美・羽澄正彦：穴つき帯鋸の実用試験 木材工業 Vol. 14, No. 4. (1959)
9. 杉原彦一他：穿孔帯鋸について 木材工業 Vol. 14 No.7. (1959)
10. P. Kock : Power Requirments for Sawing Redwood. Forest Products Journal Vol. 6, No. 10
11. 青山経雄：材の送り速度および鋸速度と鋸歯の切削温度 日本林学会雑誌 Vol. 4, No. 2. (1958)
12. 斉藤美鶯・枝松信之他：鋸歯の切込深さと切削力 木材学会誌 Vol. 2, No. 2. (1956)

Summary

This study was made to examine and estimate what difference in the sawing efficiency caused by the perforated bandsaw with elliptical holes. The bandsaw blades are classified by their holes as shown in Fig. 1 and Fig. 5 but these original saws are excepted. These sawing tests were done under such practical condition as follows:

Bandsaw mashine (20HP) with equipped automatic carriage (3HP)	42inches
Bandsaw thickness	24 B. W. G.
" width	4 inches
Wood species	BUNA (<i>Fagus crenata Blume</i>)
Dia. of logs	15~55cm
Length of logs	200±2cm

The cutting speed was 41.9 m/s and the feed speed were made as fast possible within a limit of good cutting. The cutting force F_{kg} was calculated from the net electrical power required by the saw to cut timber which was expressed by correcting the wattmeter reading with the data from the brake tests. The thickness of wood cut per tooth d mm was calculated by measuring the feed speed to cut timber. Results of these tests are shown in Figs. 2~4 (sawblades No. 1~No. 3) and in Figs. 6, 7 (sawblades No. 4, No.5)

The main results obtained are considered as follows:

(a) The small elliptical hole (9.5mm×40.0mm)

The sawing properties (F and d etc) are not so influenced even if the sawblades are punched and the hole's rate $\varepsilon\%$ are increased (Fig. 3, 6)

These facts show, so to speak, that the circular hole shown in Fig. 2 (area : 284 mm²) should be better than the elliptical one (area : 361mm²)

(b) The large elliptical hole (19.0mm×40.0mm)

The sawing properties (F and d etc) rise when the hole's rate $\varepsilon\%$ is 3.2 (Fig. 4) but fall down after the rate $\varepsilon\%$ is increased to 6.4 (Fig. 4). The electrical efficiencies (d/F) of the perforated bandsaw blades are better than the original ones (Fig. 4 Fig. 7). These facts indicate that the efficiencies of the large elliptical form (684mm²) are nearly equal to that of the circular ones (284mm²), in spite of the former's area is larger than the latter's one. Therefore, the elliptical form's saw blades are less practical from the view point of the intensity and the saving for the bandsaw blade. (Fig. 10 show the models of the practical perforatedband saw blades.)