

ロータリーレースによる単板切削に関する研究 (IV)

ブナ材の切削試験

中 村 源 一⁽¹⁾

江 草 義 正⁽²⁾

齋 藤 真 寿 夫⁽³⁾

1. は し が き

国内に生産される広葉樹丸太材は逐年その直径が小さくなり、材の品質もわるくなる傾向が著しくなってきたため、合板用原木についても従来に比べ単板の歩止り・品質の点が特に問題になつてきている。このことに対し単板切削技術上考えられる点は、歩止り向上と単板の品質改善の一方法として剥芯径をできるだけ小さくすること、切削された単板はなるべく小幅のものまで用い、これらの小幅単板の横割ぎ、縦割ぎ、節などの欠点をパッチングマシンにより除去することなどが考えられる。本文は直径約1尺程度のいわゆる小径材のブナ丸太について剥芯径を約 11 cm まで切削する場合原木のたわみを押えるためのバックローラの使用条件について切削実験の結果検討を加えるとともに、直径1尺程度のブナ材から得られる単板の品質について節その他の欠点の現われかたなどの実態を調査し、歩止りなどを求め、ブナ小径木の単板切削用原木としての利用上の参考資料をうる目的で行なつた試験結果である。

本試験にご指導をいただいた小倉木材部長、研究顧問東大平井教授に謝意を表する。

2. 供試材と試験方法

ブナ供試原木は前橋営林局管内月夜野営林署生産の長さ約2mの丸太材で、当场に搬入後水中貯木場に貯材したものである。供試丸太の品等は1~3等込みで、任意に選んだ丸太を煮沸・剥皮・横切の工程を経てロータリー切削試験を行なつた。ロータリー切削はあらかじめあらむきを行ない、ナイフを交換して7inチャックで丸太直径約20cm程度まで切削したのち、3.5inチャックに換えて剥芯径を約11cmまで切削した。この場合丸太の材質が不良で実用できる単板が得られないときは、その直径で試験を休止した。

なお切削試験は試験目的と内容から、便宜上次のように分けて実施した。

試験Ⅰ：供試丸太13本を厚さ1mmの単板に切削した。各丸太は切削時の回転中心からの距離50mmおきの各層から延切削長3~6mの試験用単板を採取し、単板面に現われる各種欠点について調査し無欠点板面または許容される欠点をふくむ板面が全供試単板の面積に対する比を求めた。

試験Ⅱ：原木14本を供試し、工場生産の場合を考慮し厚さ1.5mmにあらむきをしたのち、0.75mm厚さの単板に切削し、JAS単板規格に準じてクリッパーで欠点を除去しつつ、あらかじめきめた幅に裁断した。この試験により品等別・寸法別歩止りを求めた。

試験Ⅲ：試験Ⅰ・Ⅱで剥芯径を15~20cm程度まで切削した原木は、さらに剥芯径が約11cmになる

(1) 木材部加工科長 (2) (3) 木材部加工科加工研究室員

Table 1. 供試原木の性状
The related properties of test bolts

供試材番号 Test bolt No.	末口最小径 $D_{t.min}$	最大径・最小径の比 $D_{t.min}/D_{t.max}$	完満度 $D_{t.min}/D_{t.min}$	芯径 Diameter of core cm	平均年輪幅 Average width of annual ring mm	単板の比重 Specific gravity of veneer	樹心と回轉中心の距離 Distance between revolving center and pith mm	偽心材率 Ratio of false heart-wood $D_{f.min}/D_{t.min}$	外觀 Appearance of bolt
Test I									
1	38	0.97	1.00	11	2.4	0.63	60	0.54	二心材, 木口割
2	41	0.98	0.98	11	1.3	0.61	55	0.65	節 2
3	34	0.97	0.94	10	2.1	0.69	20	0.15	
4	41	0.95	0.87	10	1.9	0.63	20	0.00	木口割 2
5	38	1.00	0.91	11	3.6	0.66	20	0.00	節 2
6	38	0.95	0.88	15	1.7	0.62	15	0.51	霜割
7	38	0.97	1.00	12	2.4	0.50	35	0.00	節 4
8	45	1.00	0.96	27	0.8	0.58	35	0.52	節 2, 振れ
9	39	0.95	0.94	11	1.5	0.60	15	0.71	節 1
10	35	0.95	0.93	10	1.7	0.55	15	0.24	節 1
11	31	0.99	0.92	13	2.7	0.58	35	0.00	
12	37	0.96	0.97	10	2.6	0.59	15	0.30	
13	38	0.95	0.91	11	3.2	0.57	25	0.22	
Test II									
14	43	0.98	0.92	10	1.7	0.64	50	0.46	節1, 木口割3, 初期腐朽
15	50	0.98	0.86	11	2.3	0.62	50	0.33	節 2, 木口節 2
16	40	0.95	0.91	11	1.1	0.67	50	0.57	振れ, 目廻り, 初期腐朽
17	47	0.92	0.94	10	2.2	0.64	40	0.00	
18	40	0.93	0.87	10	2.7	0.53	20	0.00	節 2
19	39	0.95	0.93	10	1.8	0.58	0	0.00	節 3
20	46	0.88	0.94	23	1.3	0.56	30	0.50	節 3, 木口割 2
21	42	0.86	0.81	26	1.1	0.65	90	0.55	節 2, かけ
22	48	0.91	0.94	11	3.7	0.60	70	0.00	
23	43	0.92	0.84	33	2.1	0.69	20	0.59	木口割 2, 振れ
24	52	0.98	0.96	29	1.8	0.63	80	0.53	木口割 2
25	30	0.94	0.86	10	1.7	0.61	25	0.78	かけ
26	35	0.98	1.00	11	1.9	0.62	75	0.00	二心材, 木口割 2
27	39	0.98	1.00	10	2.0	0.57	30	0.40	かけ

注 Note: $D_{t.min}$ 末口最小径 Min. diameter of top end.
 $D_{t.max}$ 末口最大径 Max. diameter of top end.
 $D_{b.min}$ 元口最小径 Min. diameter of butt end.
 $D_{f.min}$ 偽心材部分最小径 Min. diameter of false heartwood.

までバックローラ負荷による切削試験を行ない、負荷条件および得られた単板の品質について考察した。
 またこの試験で得られた単板は試験 I・IIの目的に沿うよう配慮して、試験用単板を採取した。

供試原木の直径・平均年輪幅・材質その他については Table 1 に示すようである。

切削条件はこの試験のおもな対象でないため、次の常用範囲で行なつた。

主軸回転数: 26 r.p.m., ナイフ角: 18°~19°30', 逃げ角: 回轉中心から 30 cm の距離で 10'~20',

ナイフ刃先の位置：回転中心をふくむ水平線から単板厚さの約 1/6 下方，ナイフ刃先とノーズバーの間隔：単板厚さの 95~98 % 範囲，単板厚さ：1.5 mm, 1.0 mm, 0.75 mm。

3. 試験結果と考察

3.1. 単板面に現われる欠点

単板面に現われる欠点としては生節・死節・抜節・入皮・いきこぶあと・変色・腐れ・割れ・裂け・虫食い・目まわり・とびぎずなど原木に内蔵する欠点が支配的であるが，試験 I で得られた単板面を概観すると入皮を伴う節と入皮が比較的多数みられ，変色・虫食いその他の欠点が現われる単板は原木による個体差が著しい。

3.1.1. 単板面に現われる節・入皮の数 切削された単板面について切削方向に単位幅を 1 m として，この中に現われる入皮を伴う節，生・死節および入皮の数を主軸回転中心からの各半径範囲内で得られた単板について各原木の平均数を示すと第 1 図に示すようである。広葉樹樹幹内の節枝が水平・垂直的にどのように分布するかについては従来資料に乏しいため明らかではないが，常識的に多くの節枝は樹心から生ずるものが多く，あるものは樹体内で消失すると考えられる。したがって直径の大きい部分から得られる単板は直径が小さい部分から得られる単板に比べ，その板面に現われる節数も少ないと考えられ，しかも単位幅を 1 m とすれば直径の小さい部分から得られる単板面には同じ節がくりかえして数えられることになるから，この傾向はさらに助長されることになるであろう。Fig. 1 についても各供試原木には個体差がかなりみられるが，この傾向は特に直径 15 cm 以下に顕著で，長さ 1.95 m，幅 1 m の単位面積あたりに現われる節数は最大 20~30 におよぶ単板がみられた。単板面に現われる入皮の数は節と同程度であるが，直径層ごとに現われる数についてはほとんど一定の傾向をみいだすことができなかつた。なお供試原木は樹高による採材位置，すなわち丸太の一番玉ばかりでなく三，四番玉までも含むことと樹心と切削時の回転中心とは必ずしも一致していないから，将来樹高・直径別に節やその他の欠点の現われかたを観察，測定する必要があると認められる。これらのことと関連し観察した事項として，

(1) 節のなかで約半数は入皮を伴う節であつて，入皮はつねに原木が立木の位置で節の上方の周囲約 1/4 に同心円的に付着する型が多い。

(2) 単板面に現われる節・入皮その他の欠点が比較的少ない単板は偽心材が比較的少ない原木から得られる単板に多い傾向がみとめられた。

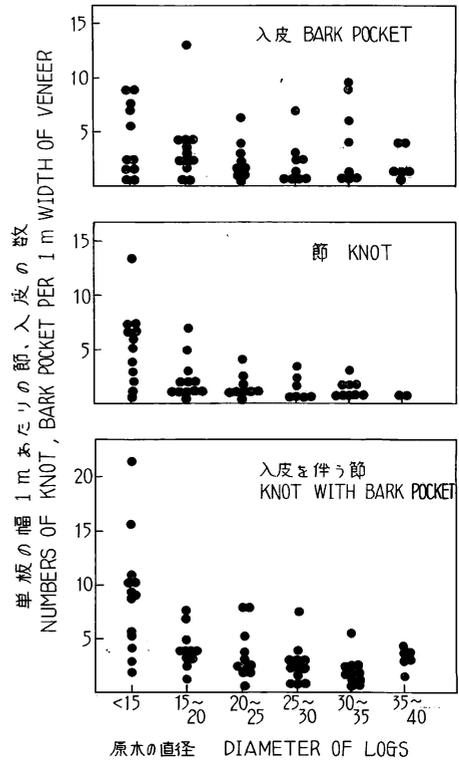


Fig. 1 供試原木の各直径層内から得られた単板に現われる欠点数

Numbers of several defects on veneer surface cut at each diameter of bolts

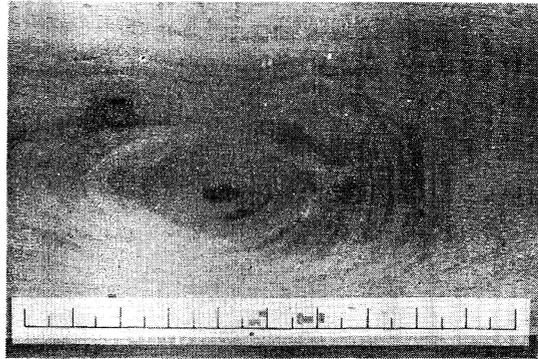
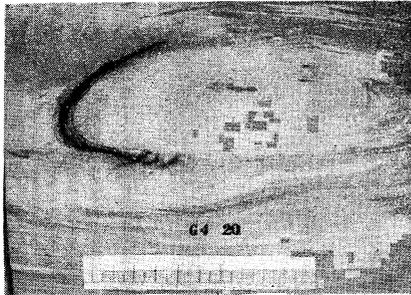


Fig. 2 単板面に現われた入皮を伴う節と生節
Knot with bark pocket and live-knot on veneer surface

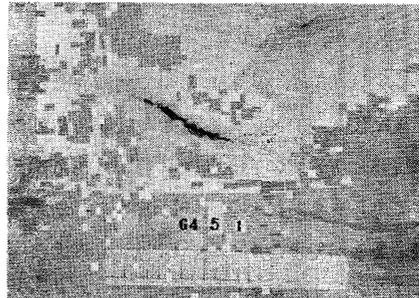
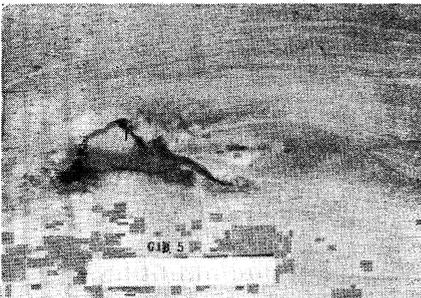
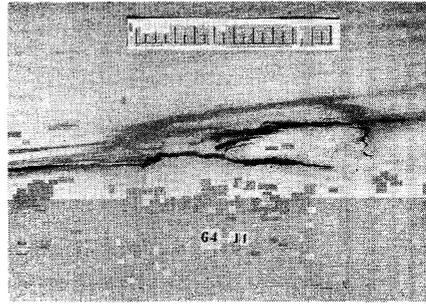
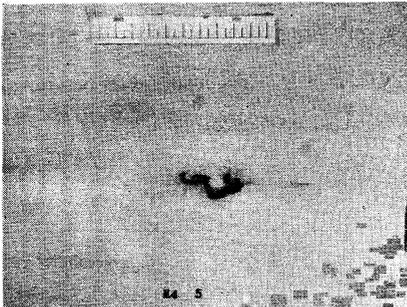


Fig. 3 単板面に現われた入皮の形
Various types of bark pocket on veneer surface

(3) 節, 入皮, 虫食孔, 変色の例を示すと Fig. 2~4 のようである。

3.1.2. 節および入皮の大きさ 供試原木の各直径層(切削時の回転中心からの各直径層)から得られた各単板面について現われる節の長径を測定した場合, その大きさの最大・最小および平均値を示すと, Table 2 のようである。すなわち長径の最大は 180 mm に及ぶものも現われたが, その平均値は 25~65 mm の範囲であつた。各直径層別の節の大小の現われかたについては, この結果から一定の傾向をみいだすことはできがたいが, 一般に節枝は樹心よりその直径が漸次増すけれども上向きにある角度をもつから, ロータリー切削の場合は樹心軸と平行に切削するため得られる単板に現われる節径は見掛けの大きさを示すことになり, 直径の小さい部分でも必ずしもこの見掛けの節径は小さくならないことも考慮を要する点である。また入皮を伴う節は入皮を伴わない生・死節よりも大きさについていえば大きいグループに属す

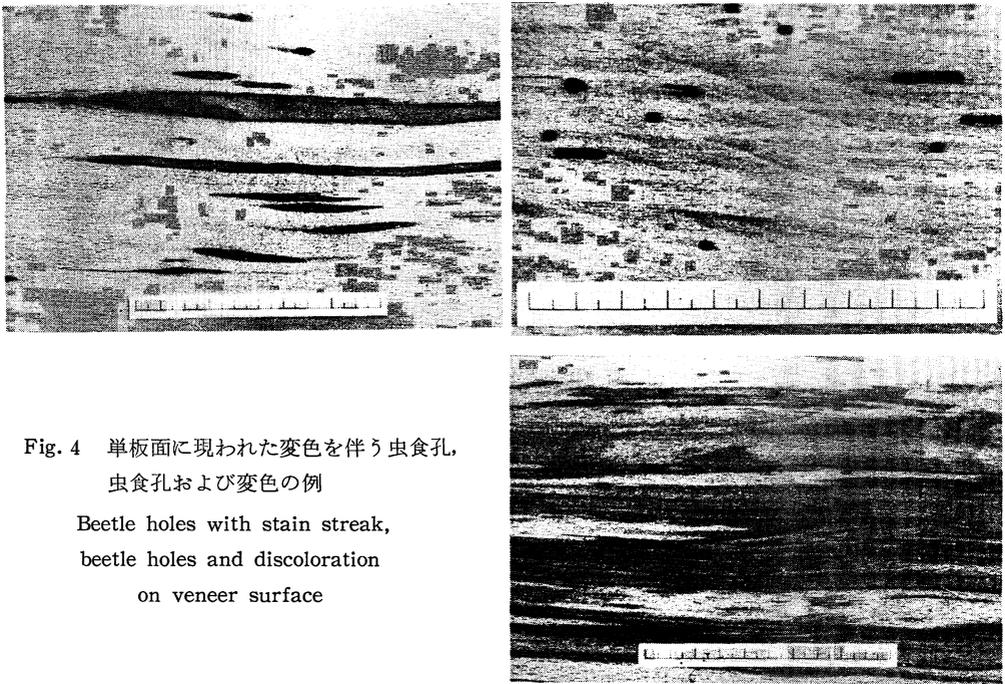


Fig. 4 単板面に現われた変色を伴う虫食孔、虫食孔および変色の例

Beetle holes with stain streak,
beetle holes and discoloration
on veneer surface

Table 2. 節・入皮の大きさ
Sizes of knot and bark pocket

直径層 Class of diameter	cm	<15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40
入皮を伴う節 Knot with bark pocket	最大 Max.	180	180	180	175	150	120
	最小 Min.	5	5	5	5	5	5
	平均 Mean	57	44	52	64	32	39
節 Knot	最大 Max.	90	130	130	110	90	80
	最小 Min.	10	5	5	5	5	5
	平均 Mean	39	52	35	28	29	32
入皮 Bark pocket	最大 Max.	400	370	320	150	110	150
	最小 Min.	5	5	5	5	5	5
	平均 Mean	77	88	46	34	27	18

るものが比較的多い。

単板面に現われる入皮の形状は円形や不規則な形状をなす比較的小型のものから細長い大型のものまできわめて不規則であるため、その大きさを正確に現わすことは困難である。したがってここでは簡単にその大きさの比較をするため入皮の最大の長さを測定することとした。すなわち小型の入皮はある幅をもつてほぼ円弧状をなすから、その弦に相当する長さを測り、比較的大型の入皮はその最大長を測ることとした。この結果は最大長 400 mm に及ぶものも現われたが、平均して 20~80 mm 程度の長さをもつ入皮が単板面に多くみられた。各直径層別に入皮の大きさをみると、大きいものは樹心近くの直径の小さい部分に現われる傾向が多いようであるが、全体的にみて必ずしも一定の傾向は明らかでなかった。

3.1.3. 節の大きさ別の出現頻度 単板面に現われる節の大きさ別の頻度をみると原木の個体差がかなりつよくみられ、一例を Fig. 5 に示す。ここにとりあげた節は前述の入皮を伴う節、生・死節をすべてあわせた結果であつて、節径 10~30 mm のものが最も数多く現われ、全節数の 30~40 %を占めている。

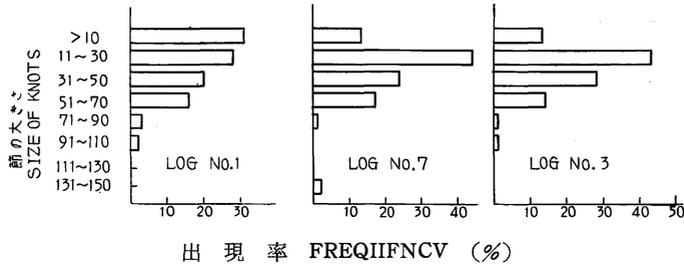


Fig. 5 節の大きさの出現率の例

Some examples of histogram of knot size on veneer surface cut from a bolt

3.1.4. その他の欠点 その他の欠点について定量的に現われかたなどを検討することは困難であつたので、観察したことについて次に述べる。

a. 割れ・裂け これらの欠点は原木の木口割れに由来するもの、煮沸によるもの、単板の乾燥によるもの、原木の目まわりによるものおよび単板捲取・捲戻しなどの操作取り扱いに起因するものなどをふくみ、ある程度各工程の操作条件や方法で防止できる場合が多いと認められるので、今回はこれらの欠点の現われかたについては特に調査しなかつた。単板厚さが 1 mm 以下の場合には各工程の作業操作の巧拙が割れの発生にかなり影響するから薄物単板の取り扱いには注意を要する。

b. 変色・虫食い・偽心材の混交 変色は虫食孔をふくんで細長く局部的にみられたほかは、顕著なものは認められなかつた。利用上問題になるのは木口からの変色・汚染で、これは明らかに原木本来の欠点ではなく貯材・煮沸工程に生ずると考えられるから、白い材色がとうとばれるブナの場合特にこれらの工程に注意する必要が認められる。虫食いは変色と同様供試原木に普遍的にみられたのではなく、ただ 2 本の原木から得られた単板にみられ、これらは単板面に全面的に虫食孔が散在し、1×2m の単位面積に直径約 1 mm 程度の孔が 40~70 もみられた。また虫食孔は、原木のかなり内層から得られた単板にも同程度みられた。偽心材の混交は、色彩が著しく不調和にみうけられたものは本試験では比較的少なかつた。

c. とびきず 原木の取り扱いによるとびきずは原木 1 本あたり 100 以上にも達し、したがつて原木の表層から得られる単板はとびきずが多く現われて品等が低下するだけでなく、多くはとびきずに土砂などをふくむため切削時ナイフを損傷する原因となる。単板切削用原木としては集材・運材法について考慮する余地があるように考えられる。

3.2. 単板の歩止り

3.2.1. 原木の各直径層別による供試単板総面積に対する無欠点面積または許容欠点面積の百分率 試験 I によつて得られた単板について原木の各直径層別に欠点の現われかたを考慮して許容最小幅を 10 cm および 20 cm とする 2 つの場合について各供試原木ごとに供試単板総面積に対する許容欠点または無欠点面積の%を求め、これらを各直径層別に平均してプロットした結果は Fig. 6 に示すようである。ブナ単板は原木の材質によるが、前述したようにラワン材などに比べると節その他の欠点が多いため、無欠点または JAS 単板規格に許容される表板として用いられる単板をうるためには幅の狭いものまで裁断する必要が

ある。ここでは現場作業を考慮して、最小幅を 10 cm および 20 cm にきめて得られる無欠点材面または JAS 規格による表板に該当する部分の面積が供試した単板の全面積に対する%を求めてみたわけである。この%は原木による偏差が著しいが、総括すれば Table 3 に示すようにクリーパー・裁断時の有効最小幅を大きくするほど%は低くなるから、歩止りもしたがつてゐるくなる。しかし横矧ぎの工程は少なくすむから、工程の流れ上の能率や手数などにより生産技術的に限界が検討される必要がある。また Fig. 6 に示されるように原木の直径について無欠点部分または許容される欠点をふくむ部分が全単板面積に対する%の関係をみると、いずれの場合でも前者が 25~30 cm の範囲から得られた単板が最も高く、これより小さい部分、すなわち樹心に近い部分から切削された単板ほど急に低下する。このことは前に述べた節その他の欠点のあらわれかたからも当然であるが、直径が大きい部分から切削された単板について

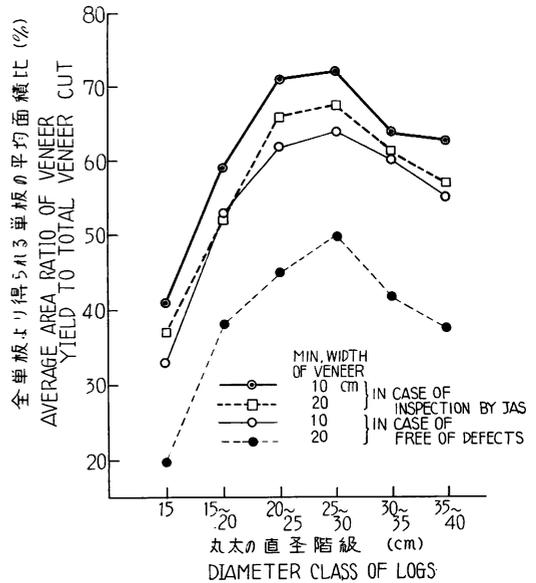


Fig. 6 各供試材の各直径階級より得られた試片単板の全面積に対する JAS 規格により許容される欠点をふくむ面積または無欠点面積の平均比率

Average ratio of area free from defects or area be allowed by JAS to total area of veneer cut at each diameter of sample bolts

Table 3. 原木の各直径層ごとに得られる単板の総面積に対する無欠点面積または JAS に許容される欠点をふくむ面積の百分率

Average percentage of area free from defects or area including to be allowed by JAS to total area of veneer cut at each diameter of test bolt

直径層 Diameter class	無欠点面積の% Percentage of area free of defects		許容される欠点をふくむ面積の% Percentage of area containing defects allowed	
	最小幅 Min. width	10 cm 20	10 20	20
< 15		33 %	20	41
15~20		53	38	59
20~25		62	45	71
25~30		64	50	72
30~35		60	42	64
35~40		55	38	63
Mean		53.0	38.7	61.7
Max.		72	62	84
Min.		31	17	42

もこの%が低下する傾向がみられることは、原木の偏心・テーパー・曲りによる単板の欠け、裂けやとびきず、変色、入皮などが単板面に現われてくるからであり、実際作業においてはこの部分はあらむきが行

なわれ、主として心板に切削されている部分である。なお供試原木個々から得られた単板についてこの%のむらはかなり広範囲にわたることからも、単板切削用原木の材質をあらかじめ知り、適材の適切な選択が必要と考えられる。

3.2.2. クリッパーにより裁断した単板の歩止り 前項の試験はブナ原木内の各直径層ごとに得られた単板に現われる欠点の実態を、その歩止りを主として調査する目的で行なつたのであるが、実際作業においては単板面に現われる各種の欠点を除去して規定寸法に裁断し、なるべく表板の歩止りを大きくし、しかも裏板・中板用単板の比率についても配慮するのが原則である。したがつて実際作業における歩止りを知るため供試原木 11 本から得られた単板について JAS 単合板規格に基づいて、grade 1 (表板)、grade 2 (裏板)、中板用およびその他包装用、下級合板用単板として grade 3 に仕訳けして実際の歩止まりを調べた。すなわち試験Ⅱによつて煮沸・横切・剥皮の工程を経て (1) ほぼ正円になるまで原木の中央部に野引ナイフを入れて 1.5 mm の単板切削、(2) 直径約 17~25 cm まで厚さ 0.75 mm の単板切削、(3) さらに材質のよい原木については直径約 11 cm まで厚さ 0.75 mm の単板切削を行なつた。規定寸法に裁断した単板はすべてドライヤーにより乾燥し、有効幅ごとに分類して次の方式により単板歩止りを算出した。裁断は 1.5 mm 単板については最大幅を 1 m、0.75 mm 単板では 60 cm とした。

D_1 の直径の原木を厚さ t 、両端の野引きナイフ間隔を l として直径 D_2 まで切削したとき、この実積から得られる単板の総延長は $\pi l(D_1^2 - D_2^2)/4t$ であるから、この総延長に対する実際に単板の品等を考慮して、各種の幅に裁断された単板の有効幅の総和の百分率で単板の歩止りを示すことにした。この単板歩止りは、したがつてクリッパー裁断時の各種欠点除去のための損失が大部分で、ドライヤーによる収縮のための損失もふくみ、1.5 mm 単板の場合は全供試原木の平均歩止り 75.7 % (29~96%)、0.75 mm 単板については平均歩止り 60.9 % (40~92%) を示し、試験Ⅰの場合と同様原木の材質の良否が支配的であつた。0.75 mm 単板について 1~3 grade ごとの比率は、grade 2, 3 がほぼ同率で grade 1 は比較的少なく、27 : 38 : 35 (%) を示した。なお供試原木 11 本中、grade 1, 2 の単板が得られたものは 6 本で、他は grade 3 だけが得られたことから、単板の品等のよいものを得るには原木の材質または品等がよいものを選ぶ必要が十分認められた。なお得られた全単板について各幅ごとの % は Fig. 7 のよう

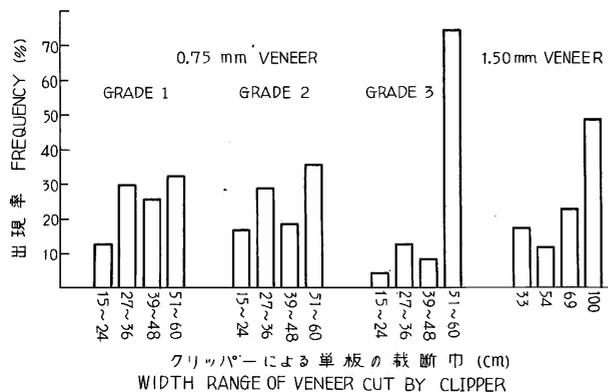


Fig. 7 クリッパー裁断後の単板の幅別の比率
Relative frequency of veneer width cut by clipper

なお原木材積に対する単板材積の%、すなわち材積歩止りは平均 40.4% (19~59%) で原木による差がきわめて大きく、また剥芯径を 10 cm 程度にまで切削しても、そのために期待される材積歩止りの向上は原木材質のよいものについてのみにあつて、材積歩止りは支配的に原木材質に影響されるといえる。

3.3. バックローラ負荷による 切削試験

現在広く用いられているロータリーレースは主軸が 6.5~7.0 in (16~18 cm) であるから、これ以下の直径に切削することは不可能である。剝芯径を小さくするためには主軸径を小さくし、切削力による原木のたわみを押える必要がある。この考え方はすでに欧州諸国で実用化され、わが国においては昭和 31 年度農林省試験研究費で「北海道広葉樹小径木による合板生産を目的とした小径木のロータリー切削および歩止りの向上」について北海道林業指導所で

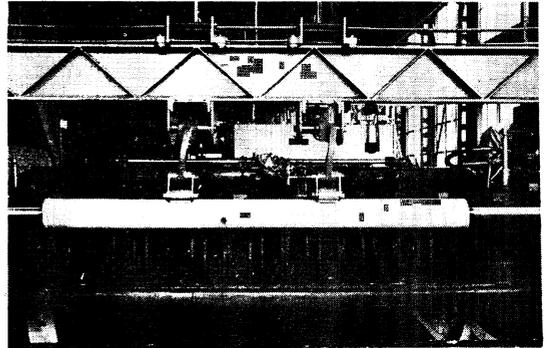


Fig. 8 バックローラ負荷による切削状況
View of rotary cutting with loading
by back rollers

試験が行なわれた。本項は当场応用研究室備付け 7ft ロータリーレースに原木のたわみ防止装置をとりつけ、予備実験の結果すでに述べた試験と併行して 6.5 in チャックで 16~25 cm 程度の直径になるまで切削した原木について切削時バックローラにより負荷しつつ切削試験を行なった結果について述べる (Fig. 8)。

3.3.1. バックローラの負荷条件の決定 ロータリー切削時のナイフ刃先の切削力を刃先線に対し等分布と見なせば、この等分布切削荷重のため切削が進んで原木径が小さくなつたとき原木にたわみを生じ切削された単板は厚さむらのはなはだしく、またいわゆる中央部がふくれて袋状になり両縁が裂け、あるいは原木にびびりを生じ極端な場合は切削が不可能になる。したがって原木のたわみをバックローラにより押え、原木の直径が小さくなくても正常のロータリー切削が行なわれるようにすることが、この装置の考え方である。この場合の力学的解析についてはすでに公表されているが、原木上に 2 点荷重方式で負荷する場合バックローラによる各荷重に対する原木の最大たわみは次式で近似的に知ることができる。

$$\delta = - \left\{ \frac{Wl_1^3}{6EI} \left(3 \frac{l_2}{l_1} + 2 \right) + \frac{Wl_1l_2^3}{8EI} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

δ : 原木の最大たわみ, W : バックローラ 1 本あたり荷重, l : 原木長 ($=2l_1+l_2$), l_1 : 原木木口端より荷重点までの距離, l_2 : 荷重点間距離, E : 原木のヤング率, I : 原木の断面二次モーメント, この場合原木直径を d とすれば $I = \pi d^4/64$ 。

したがって計算因子としてブナ原木のヤング率を求めため原木長 $l = 1.95 \text{ m}$, $l_1 = 0.65 \sim 9.78 \text{ m}$, $l_2 = 0.65 \sim 0.39 \text{ m}$, $d = 0.11 \sim 0.20 \text{ m}$ の範囲で供試原木 5 本について弾性試験を行ない、バックローラにより最大荷重 250 kg まで負荷したときの原木の荷重・最大たわみを測定し、(1)式により供試原木の E を求めた。本装置は Fig. 9 に示すように原木に対する負荷はエアシリンダーに与えられる空気圧がアームによりバックローラに負荷される

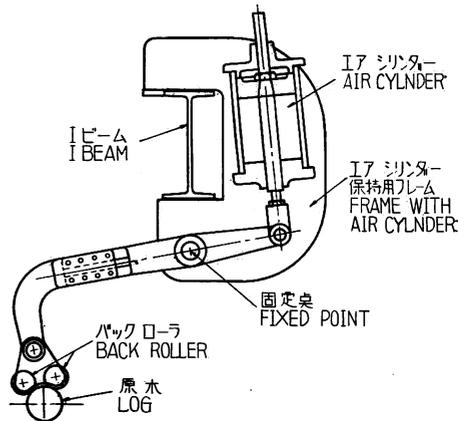


Fig. 9 バックローラによる負荷機構
Loading mechanism by back
roller for bolt

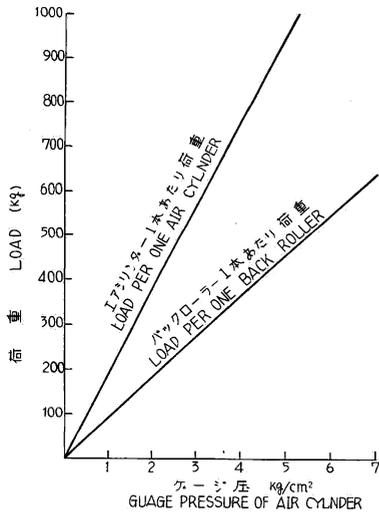


Fig. 10 エアシリンダーのゲージ圧と荷重の関係
Relation of load to gauge pressure of air cylinder

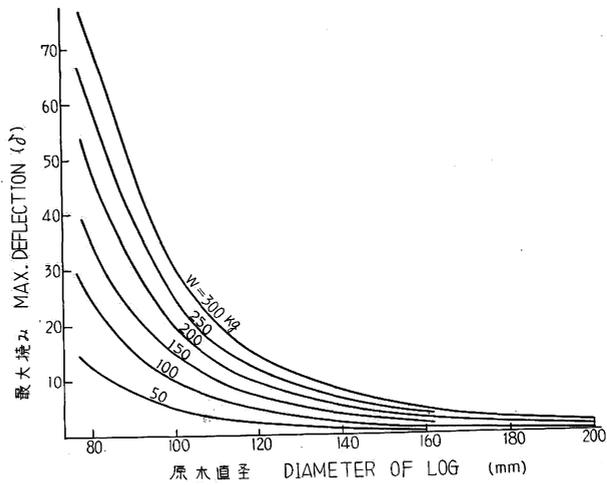


Fig. 11 原木の直径と荷重別最大たわみの関係
Relation between diameter and max. deflection of bolt for each load of back roller

機構で、エアシリンダー内の有効面積、アーム比からゲージ圧と荷重の関係は Fig. 10 に示す関係となる。すなわち(1)式によりバックローラーの位置(荷重点)がきまれば W/δ を実験的に求めて E を簡単に計算できるわけで、実験結果によれば $d=11\sim 14\text{ cm}$ のとき $W/\delta \approx 200\text{ kg}/10\text{ mm}$ 程度で $E=4.8\sim 6.4 \times 10^4\text{ kg}/\text{cm}^2$ 、平均値として $E=5.45 \times 10^4\text{ kg}/\text{cm}^2$ を得た。この E からバックローラーの位置を原木長に対し3等分点ときめて、ブナ原木に対する直径と最大たわみの関係を(1)式を変形した次に示す(2)式から荷重別に求め、試験するときのバックローラー荷重をきめるための目安として Fig. 11 に示す関係を求めた。

$$\delta = 98.4 W/d^4 \dots \dots \dots (2)$$

また一方ロータリー切削時、等分布にナイフ刃先により原木に加えられると仮定する切削力の大きさは実験的に測定することが困難であるが、原木径が小さくなつたたわみを生じたときの最大たわみを実測することにより等分布荷重を受ける両端支持梁の式、すなわち $w = -384 EI\delta_{max}/5l^4$ から切削力としての w を推定することができ、この試験ではブナ厚さ 0.75 mm の場合 $1.5\sim 3.0\text{ kg}/\text{cm}$ の範囲を考えられる。前述したように等分布切削力により原木のたわみを生じ不都合な切削が行なわれることになるから、このたわみをバックローラーによる荷重で逆方向より押える場合の荷重は同様に原木の長さについて3等分点に2カ所集中荷重を加えるとして $W = -648 EI\delta_{max}/23l^3$ の式で与えられる。ゆえに両式による最大たわみを等置することにより切削力とバックローラーによる荷重の関係式として、 $w = 0.014 W$ が得られるから、この式に $w = 1.5\sim 3.0\text{ kg}/\text{cm}$ を代入して $W = 100\sim 200\text{ kg}$ 、エアシリンダーゲージ圧として $2\sim 3\text{ kg}/\text{cm}^2$ の範囲がほぼ適当と推察される。

3.3.2. バックローラー負荷による切削状況と切削された単板の品質 切削力により原木のたわみが増加するときは、前述したように切削された単板は中央部がふくれて袋状になるためまき取りが困難となり、単板の両端は裂け、また原木の中央部分の直径は両端部に比べ大きくなり紡錘形となる。バックローラーで原木を押えないで原木径約 20 cm 程度から切削した場合の観察によれば、直径が小さくなるにしたがいこ

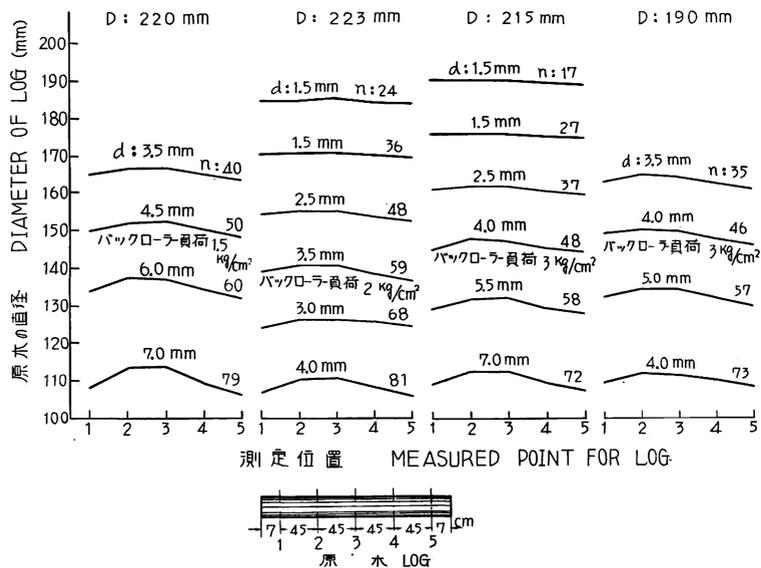


Fig. 12 切削に伴う原木直径の変化の例

Some examples of change in bolt diameter with rotary cutting
 D: initial diameter of bolt

の現象は顕著に現われはじめ、不適当な切削と認められる限度は中央部と両端部の直径差が約 4 mm に及ぶときで、この場合の原木径は 14~15 cm であった。このような状態になる以前にバックローラの負荷が必要で切削の進行に伴う原木の長さ方向の直径の差を測定した実験例をあげると Fig. 12 に示すようである。また直径が小さくなるとノーズバーとナイフの刃口調整が左右平等でない場合は、特に原木に対する刃のくいこみが異なるためと原木のたわみ状態も左右で異なるから、厚さむらが著しい。なお 3.5 in チヤックによる原木のつかみはブナの場合ほぼ完全で、チヤックによる原木の破損はすべての供試材についてみられなかった。要するに、バックローラ負荷によるブナ材のロータリー切削は直径約 18 cm 程度から原木の 3 等分点についてエアシリンダーのゲージ圧で 0.75 mm 単板の場合約 2 kg/cm², 1 mm 単板の場合約 3 kg/cm² 負荷すると正常切削が行なわれることが確かめられた。

なお切削された単板の品質は原木の欠点に基因するものを除いて厚さむらと緊張度が最も問題で、前者は単板の両端部が中央部より厚くなる傾向がみられたが適正負荷条件では単板厚さの約 5% 以内の偏差に押えることができ、単板の緊張度、すなわち袋状切削による部分的伸びも実用上差しつかえない程度にすることができた。荷重量は煮沸条件や原木の品質などにより、現場作業の観察から適宜変化する必要が認められた。

3.4. 小径木のロータリー切削における逃げ角

ロータリー切削曲線の性質上 $t/2\pi$ (t : 単板厚さ) だけ回転中心をとる水平線からナイフ刃先を下げてセットする場合、切削が進んで原木径が小さくなくても逃げ角の変化は全くないことが知られている。そうでない場合逃げ角の関係は、直径が約 20 cm 以下になると急激に変化する傾向があるから、小径にまでロータリー切削する場合はナイフ刃先の位置関係が特に問題となる。原木直径を約 15 cm 以下にまで切削するときの適正逃げ角、したがって切削角の調整は一般にレースの鉋台の下部滑台の傾斜角により切削が進行するにつれて自動的に変化させることができるが、これらの関係については公表された資料が

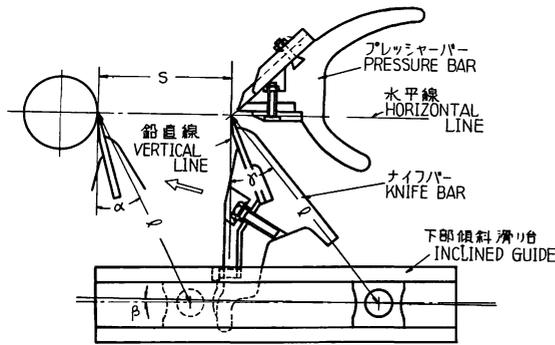


Fig. 13 下部滑台の傾斜角によるナイフ角度の変化機構
Change mechanism of knife angle
by inclined guide

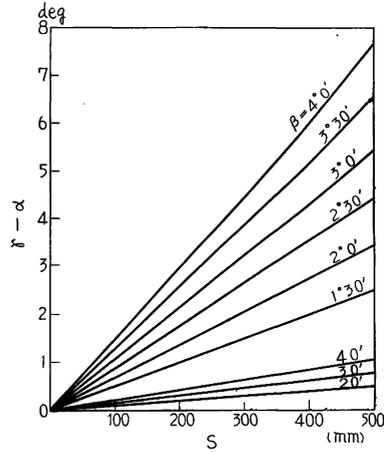


Fig. 14 鉋台の移動距離 S とナイフの角度変化 ($\gamma - \alpha$) の関係
Relation between moving distance S and changed amount of knife angle (see Fig. 13)

ないので当該設備の 7ft レースについてこの関係を求め、試験実施の際の参考とすることとした。

Fig. 13 に示すようにナイフバーのはじめの位置において刃先と下部滑台の駒の中心までの距離を l 、この線と鉛直線のなす角度を γ 、下部滑台の傾斜を前下りの角度を β とし切削が進行して鉋台が S の距離だけ進んだとき刃先と下部滑台の駒の中心を結ぶ線と鉛直線のなす角度が α になつたとすれば、切削前後における角度変化は $(\gamma - \alpha)$ である。幾何学的関係より α rad. は次式で示すことができる。

$$\alpha = \cos^{-1} \{ S \cdot \sin \beta / l + \cos (\gamma - \beta) \} + \beta \dots \dots \dots (3)$$

β は普通約 3° 以下の微小角であるから式を簡略にするため $\beta \approx \sin \beta \approx \tan \beta$, $\cos \beta \approx 1$ とすれば(3)式は次式で近似的に示される。

$$\alpha = \cos^{-1} \{ S \cdot \beta / l + \cos \gamma + \beta \sin \gamma \} + \beta \dots \dots \dots (4)$$

l , γ はレース構造によりきまる諸元で、本試験用レースはそれぞれ 39° , 518 mm であるから β を 4° 以下としたときの α を(4)式により求め、最初の角度 γ との差、すなわち角度変化を鉋台の移動距離 S ごとに求めてみると両者はほぼ直線的関係となり、Fig. 14 に示されるようである。

本試験においては下部滑台を変化させて切削する場合単板の品質に及ぼす影響については、レースの機構上他の因子、たとえばプレッシャーバーの絞りなども自動的に変化し、また小径になるにしたがつて原木のたわみやびびりの発生などもみられ、きわめて複雑な関係が錯そうしてくるため下部滑台の傾斜角は前下り $10'$ として実施したため、これらの関係は明らかにすることができなかつた。しかし観察によれば直径が 15 cm 以下の場合の切削に好都合なナイフの角度条件はみかけの逃げ角や切削角だけでなく刃先の微小角度、すなわち仕上げ研磨の程度による刃先先端の形状にも少なからず影響があるようにみうけられ、また原木のたわみによりナイフ刃先は原木に対し下掛りの傾向になりがちであるから、上述の計算的に知られる角度変化以上に逃げ角を小さくすることが直径約 20 cm から 10 cm 程度まで切削する場合有効のようであつた。このためには下部滑台の傾斜角を大きくすることは直径 20 cm 以上の切削の場合不都合であるから、手動角度変更装置で直径約 18 cm 以下の切削の場合 10 分程度角度を減じてやる必要があるように思われた。しかし、このことはナイフ刃先の形状とともに刃先の微小部分の原木との接触面積に関係があると考えられるので、単純化した試験により再確認することが望まれる。

4. 総 括

直径約1尺程度のブナ材を剥芯径約10cmまでロータリー切削する場合、得られた単板面に現われる欠点と歩止りの実態、および剥芯径を約10cmまで切削する場合のバックローラによる負荷、切削条件を検討した結果次のことが知られた。

1. 単板面に最も普遍的にあらわれる欠点としては入皮を伴う節、節および入皮であつて、虫食・変色・偽心の混交による色の不調和などのような原木に由来する欠点は個体差が著しい。
2. 単板幅1mあたりの節数は直径が小さい部分から切削された単板ほど多いが、入皮はこのような傾向はみられない。節の大きさは最大径で18cmに及ぶものもみられたが、2~7cm範囲のものが最も多く現われた。
3. 単板の割れ・裂け、木口よりの変色、とびきずなどは原木の貯材・煮沸・運搬、単板の取り扱いや乾燥などの作業に直接関係があるから、この試験ではその実態を定量的に明らかにすることはできなかったが、特に表板用薄単板を切削する場合、これらの作業に留意する必要が認められた。
4. 切削された単板シートの欠点部分を除く場合、切断する単板の最小幅を小さくするほど有利な歩止りとなるが、その傾向はTable 3に示すようである。
5. 原木11本について切削された単板をクリッパーで許容されない欠点部分を除去して切断し乾燥した後、得られた単板の原木材積に対する歩止りは約40%を示したが、個々の原木についての偏差がかなり大きい。またあらむき後の品等別の比率はgradeのよいものの順に27:38:35%であつた。
6. 剥芯径を約10cmまで切削する場合、歩止りの向上は材質のよい原木についてのみ期待できることであつて、剥芯径を小さくする場合は原木を材質によりあらかじめ仕訳けする必要が認められた。
7. 剥芯径を約10cmまで切削するためにはバックローラにより原木のたわみを防ぐことが有効で、バックローラ負荷量は原木の3等分点に2点押えるとき、この1本あたり0.75~1.00mm厚さ単板の切削で約200~300kg程度が適当である。
8. 剥芯径を10cm程度まで切削する場合の逃げ角は、正常切削よりも約10分程度小さくした方がよい。

文 献

- 1) 林 大九郎：ロータリーレースのカイドについて，木材工業 13, 2, (1958) p. 2~5
- 2) 金内忠彦：小径木のロータリー切削について，基礎実験とその考察，木材誌 3, 6, (1957) p. 225~229
- 3) 金内忠彦：小径木のロータリー切削について，ベンディング防止装置と運転結果，木材誌 4, 6, (1958) p. 227~230
- 4) FLEISCHER, H.O.: Use of small logs for veneer, F.P.R.S, 2, (1951) p. 33~37

Studies on Rotary Lathe Cutting Report IV
Cutting test on small logs of Japanese beech

Gen-ichi NAKAMURA, Yoshimasa EGUSA and Masuo SAITO

(Résumé)

This paper deals with the results of rotary veneer cutting of Japanese beech wood in order to obtain information of the condition of the veneer quality on the basis of the defects in veneer surface, veneer yield, and applied loads by back rollers to a bolt for the prevention of deflection by the cutting force, for the purpose of peeling to smaller bolt diameter of about 10 *cm*.

The properties of the bolts in this test are shown in Table 1. Three different methods were utilized in carrying out the cutting tests. In Test I, 16 test bolts were cut into 1 *mm* thick veneer, and then the veneer samples of 3~6 *m* length for each diameter class of bolts were prepared as the test pieces for examination of the defects on veneer surface. In Test II, 11 bolts were cut into 1.5 *mm* thick veneer at outer layer, into 0.75 *mm* thick veneer at inner layer of a bolt, and they were cut in the predetermined width by the clipper, endeavouring to eliminate the veneer parts which include the unallowed defects of the different kinds by JAS. Test has been conducted to obtain the data of beech veneer yield for each grade and veneer width. In Test III, all bolts cut in Test I and Test II were again cut to a smaller diameter of about 10 *cm* with loading by the back rollers. Test III was carried out to study mainly the loading conditions of back rollers.

The cutting conditions for all tests were as follows: The revolution of main spindle 26 r. p. m., knife angle 18°~19°30', clearance angle about 10'~20' at 30 *cm* distance from the center of revolution, nosebar opening about 95~98% of veneer thickness.

Defects of veneer

In general, the defects relating to veneer quality are live, dead or loose knots, bark pocket, discoloration, decay, check or split, worm hole etc., but in this test the defects on veneer cut were mostly knots with bark pocket and bark pockets for all test bolts, and other defects such as worm hole and discoloration appeared in a few bolts. Some examples of the defects are shown in Fig. 2~4.

- 1) The average numbers of knots and bark pockets on veneer surface per 1 *m* width for each diameter class of individual bolt are shown in Fig. 1. The numbers of knots on veneer per 1 *m* width tend to increase as the diameter of a bolt decreases, and especially does the number of knots appearing on veneer surface below 15 *cm* diameter tend to increase rapidly. But as regards bark pockets, such a tendency is not observed.
- 2) Some examples of distribution of maximum size in knot for a bolt are shown in Fig. 5. The size of knot which most appeared on veneer cut in this test is in the range of 10~30 *mm* diameter.
- 3) The other defects such as worm holes, discoloration except knot and bark pocket, appeared on veneer of only a few bolts.
- 4) It is noticed that considerably many damaged spots caused by use of a hook tool in

transport of a log were shown in veneer surface cut at outer layer of a bolt, and those spots sometimes caused fractures of knife edge because they had sand or soil dust in them.

Yield of veneer

Fig. 6 shows percentages of the veneer area free from defects or the veneer area including the allowed defects in JAS of veneer to the total cutting area per each diameter class of bolt in the case of both minimum widths cut by clipper, respectively 10 cm or 20 cm. This percentage representing the veneer yield shows maximum value at 25~30 cm from the centre of a bolt for all cases, and tends to decrease in other parts of a bolt. This may be accounted for by the fact that the part in the smaller diameter of a bolt has many defects such as knot or bark pocket, and the part in the larger diameter is affected by the shape of a bolt, the taper, eccentric and crook characteristics, also defects such as damages by hook tool and worm holes. But this percentage has a very wide variance among individual bolts, therefore we should select high-quality bolts in useful rotary cutting.

In order to examine the veneer yield in practical operation, 11 bolts were peeled into 1.5 mm thick veneer for outer layer, 0.75 mm thick for inner layer in each bolt, reducing them to a core diameter of approximately 10 cm. They were clipped into the predetermined classes of width, removing the unallowed parts with defects, and were classified into 3 grades of veneer.

The veneer yield can be expressed in percentage of total width of veneer which was prepared after the previous treatment to the computable cutting length as $\pi l (D_1^2 - D_2^2) / 4t$, where l : length between spur knives, D_1 : initial diameter, D_2 : final diameter of a bolt, t : thickness of veneer cut. The mean values of veneer yield were about 75%, 61%, respectively for 1.5 mm and 0.75 mm thick veneer, and the ratio of each grade was 27:38:35%. The mean value of veneer yield on the basis of bolt volume was about 40% for the total veneer produced. Although this test was limited to only 11 bolts which were selected at random without considering the quality of each bolt, selection of high-quality bolts for peeling to small core diameter should be done with care, because the veneer yield depends upon the quality of a bolt.

Conditions of loading by back rollers to a bolt

When the diameter of a bolt decreases in rotary cutting, the bolt is bent by the uniformly distributed cutting force of knife edge, and the consequent deflection of the bolt makes the rotary cutting of a small diameter bolt difficult or impossible. In order to prevent deflection of the bolt, the 7-foot rotary lathe was installed with back rollers to a bolt having a lever mechanism operated with compressed air from an air cylinder (Fig. 8~9).

Uniformly distributed cutting force per unit length of knife w is calculated from the formula, $w = 384EI\delta_{max} / 5l^4$, where E : YOUNG's modulus, I : moment of inertia, δ_{max} : maximum deflection, l : length of a bolt. From the preliminary test the value of E for beech bolt (length 1.95 m, diameter 11~18 cm) was $5.45 \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$, so the approximate value of w , 1.5~3.0 kg/cm, can be calculated by measurement of the maximum deflection under cutting. The load at two positions dividing the bolt into three equal parts which give the same maximum deflection in order to eliminate bend of a bolt can be obtained by the formula $W = 648EI\delta_{max} / 23l^3$. Assuming that the two previous formulas are equal, the relation

between w and W is shown as formula $w=0.014 W$ (length of a bolt 1.95 m): therefore, the approximate amount of W to cut 0.75 mm thick veneer may be estimated about 100~200 kg for the load per back roller, about 2~3 kg/cm for the gauge pressure of the air cylinder. Results of test when cutting to small diameter are summarized as follows: Without the load of back rollers in cutting a small diameter bolt, a bolt in the peeling operation becomes slightly barrel-shaped, and at this stage, the veneer sheet produced results in buckling like a concave ribbon instead of a flat one. When the diameter difference at the ends and the center portion of a bolt increases to above 4 mm , it is very difficult to peel to a suitable veneer sheet. Experiments on the 7-foot lathe have shown that under such circumstances a bolt could not peel uniform veneer even though applying the loads to a bolt for preventing the deflection by means of the back rollers. Therefore, the loads by back roller to a bolt should be applied at the stage of about 18~20 cm diameter, and to the amounts of 200~300 kg per back roller, respectively for 0.75, 1.00 mm thick veneer to peel beech bolt satisfactorily.

Clearance angle for cutting to small diameter

The change of cutting angle or clearance angle is automatically adjusted during cutting with the change of inclined angle in lower slide guide of the lathe (Fig. 13). The angle at a point of distance s from initial point after cutting is approximately represented by the following formula:

$$\alpha = \cos^{-1}\{s \cdot \beta / l + \cos \gamma + \beta \sin \gamma\} + \beta$$

where α : initial angle between vertical line and the line from knife edge to center of sliding bridge,

β : inclined angle of lower slide,

γ : final angle of α ,

l : distance from knife edge to center of sliding bridge,

s : distance of movement of knife carriage.

The changes of cutting angle ($\alpha - \gamma$) resulting from movement of knife carriage with rotary cutting for each β in 7-foot laboratory lathe are shown in Fig. 14. In this test β is always kept 15 minutes, so the effect of angle β for the cutting condition could not be obtained. It should be noted that the optimum clearance angle decreases about 10 minutes beyond the values calculated with the foregoing formula by manually changing apparatus in order to cut a bolt of about 10~20 cm diameter more satisfactorily.