曲げ木講習会 第2回

開催日 2010年6月19日(土)午前10時から午後5時
会場 長野県工業技術総合センター 環境・情報技術部門大会議室
●講演:木を曲げる科学 講師 上田友彦氏(長野県工業技術総合センター)
●実演:蒸し器による曲げ木 講師 浜田由一氏(滋賀県在住の木工家具職人 プロ向き木工教室主宰)
参加者数 52名 報告者 大宇根リウヘイ

木を曲げる科学

午前中は、講師上田友彦さんによる、曲げ木の原理の講義が行われました。

木材を曲げるにはまず材を軟化させる必要があります。その方法には、①吸水させることによって含水率を上げ、弾性率を低下させる。②加熱することによって木材の成分(リグニン、ヘミセルロース、セルロース)を軟化させる。③高熱処理(木材成分の加水分化による軟化)があります。具体的な方法としては煮る、蒸す、高周波(マイクロ波)処理、高圧水蒸気処理、化学(アンモニアや、苛性ソーダによる)処理があります。

木材を曲げようとするとき、材に加わる力(荷重)はあるところまで、たわみと一定の比例関係にあります。それ以上力を加え続けると、あまり力を加えなくともより大きくたわんでくるようになり、そしてさらに力を加えると、折れてしまう。比例関係にあるとき、「比例限度内」といい、比例限度を超えて折れるまでのたわみが、大きければ大きいほど、「粘り強い」ことになります。また比例限度を超えた状態で力を抜くと、元には戻らず、ある程度たわみが残る。これは木材が弾性(バネの働き)と粘性(粘土のように変形すると戻らなくなる)の性質を併せ持つことによります。

材を曲げた時、湾曲の外側には「引張」、内側には「圧縮」の力がかかります。弾性率(硬さ、たわみにくさ)は引張の方が圧縮より大きい(つまり、より曲がりにくい)。一方、強さは圧縮より引っ張り強さの方が強く、圧縮側の方が早めに戻らなくなる変形を生じます。引張側は、小さな割れが破損にまでなってしまうことが多い。

含水率が高いと、木材の強度は低下します。たとえば含水率が 12%から 20%まで増加したとすると、弾性率は 77～87%、強さは 65%～85%まで低下します。そのとき、圧縮側の方が強さがより低下します。含水率(結合水:木材成分と結合した水分。導管に入った水分(自由水)では木材は膨潤や収縮せず、曲げには寄与しない)が高いほど、曲げやすいといえます。

また熱の影響では、温度が 70 度を超えると、リグニンが軟化し始め、弾性率や強さが低下します。このことから、高温、高含水率であるほど、材は軟化し、とくに圧縮側の強さが低下するということがわかります。また高温、高含水率であるほど、水分の移動(吸湿・脱湿)が早いほど、応力緩和が大きい(曲げが固定しやすい)。

トーネット法のように、材の外側を帯鉄で固定して曲げると、中軸面は外側にずれます。つまり圧縮側を増やす(中軸面とは、材の厚みを圧縮側と引張側に分けたときの境界線。通常は中心に来るが、帯鉄を巻いて木口で固定するとそれが引張側に偏ってくる。帯鉄が厚くなればなるほど、中軸面は外側に寄る)ことで、より曲げやすく、破損しにくくなるとのことです。

上田氏の講義の後、余った時間を利用して会場から曲げ木の経験のある、村上富朗さんやデニス

ヤングさんなど、数人の方たちの意見を聞きました。

曲げに使用した材は、ナラ、サクラ、カエデ、ウォルナット、ケヤキ、トネリコ、ホワイトアッシュ、イチイ、ニセアカシア、エンジュ。

水に浸ける時間は「一晩くらい。あまり長く浸けても効果はない」「民芸では 3 日くらい浸けていた」「ケヤキは長めに浸けた(1 月くらい)」

帯鉄の厚さは「0.5ミリ1枚」「2ミリ1枚」「0.5ミリ4枚を重ねる」などさまざま。その巻き方に関しても、材の木口で隙間を空け、調整できた方がよいとする意見がありました。

材の取り方は、「幅広の材のときは(曲がる面が)柾の方がよい。角材の場合は板目の方がいい場合がある」。含水率は「生に近い方が曲げやすいが、乾いたとき変形しやすいので、30～40%がいい」。これに関して上田氏は「理論的には結合水が最も多く、自由水が少ない状態がよい。実際はそううまくはいかないが、おおむね 30%くらいがよい」とのこと。

曲げた後の養生の仕方にも工夫が必要で、「型にはめたまま1晩寝かし、型をはずしてハタ金をつけて人工乾燥する」「(完全に乾くまで)型をはめっぱなし」との意見がありました。

蒸し器による曲げ木

午後、浜田氏による曲げ木の実演が行われました。理論による曲げ木が、実際にはどのようにすればできるのか。実演を見ると驚くほど簡単で、非常に興味深いものでした。

装置は「特殊なものは使わない」ことがポリシー。すべてホームセンターでそろうものばかりで、1 万円ほどでできるとのこと。蒸し器は耐水合板(型枠用)で、シリコンで接着し、ビスで固定します。材に合わせて大きすぎないことが大切です。大きすぎると圧力がかからず、十分蒸すことができません(**写真1**)。蒸気はカセットコンロでヤカンを火にかけ、水道管(給水管)で蒸し器につなぎます。ヤカンはふたをアクリル製にしてボルトを取り付け、取っ手で押さえられるようにするとともに、中の水量が確認できるようにします。水量は多すぎると水が蒸し器まで登って行ってしまうので、半分より少なめが良い。ふたと本体の接合部には天然ゴムより柔らかい「ネオプレーンゴム」が適しています。

手順は、①材を蒸し器で30分ほど蒸す。この日使用した材はナラの乾燥材。目の通った素直な材を選ぶ。ただし、板目、柾目の向きは特に気にしない。水に浸けておくなどの下準備は一切なし。蒸している間の器内の温度は 95 度になっていました。時々、斜めに傾けた底にたまった水を、栓を抜いて、排出します。

②やや蒸しあがってきた段階で一度取り出し、手で押してみて曲げやすい方向をみます。いったん蒸し器に戻し、時間がきたら取り出します。

③取り出した材を帯鉄に取り付けます(**写真2**)。帯鉄の端にはストッパー(木材)が 1／2 インチのボルト4本でしっかり固定してあります。ストッパーにはチェーンを引っ掛けるマル環と、材の長さを調整して固定できるボルトがつけられています。材を帯鉄に固定し、チェーンを取り付けたら、チェーンブロック(300～500 kgくらいの力のもの。ジャンク品で 1500 円で購入)で引っ張り、どんどん木を曲げていきます(**写真3**)。時々左右の曲がり具合を見ながら、型に沿って曲げ、クランプで固定。この日は会場の中から何人かが手伝ってチェーンブロックを巻いて行きましたが(**写真4**)、いつもはすべての工程を一人で行うそうです。

④最後まで曲げたら端が開かないようにビスで木を打ちつけます(**写真5**)。

⑤チェーン、帯鉄をはずし、乾燥用の型にはめ、クランプでRが崩れないよう固定。

⑦一晩放置すれば、ほぼ曲げは固定されるので、型をはずしてよい。長くても 3 日ほどで十分。

使用した帯鉄は 3 ㎜厚。木口とストッパーの隙間はなし。表面に布ガムテープを貼って、鉄による変色を防いでいました。

実演は 2 回行われ、1 回目は断面 30×30 ㎜の材で、200R の曲線に曲げました。これは実際に Y チェアーの笠木に使われるものと同じです。2 回目は約 100×20(厚)㎜で、360R。人間の背中に最も合う曲線で、モーエンセンのイスで使用されているものと同じです(**写真6**)。

注意する点は、蒸し器から出したら即行で曲げに移ることで、材はどんどん乾いてしまいます。

筆者の個人的見解ですが、理論講座のとき、「水分の移動(吸湿・脱湿)が早いほど、応力緩和が大きい(曲げが固定しやすい)」とありましたが、吸湿、乾燥が早いことも、もしかしたら曲げやすさにつながっているのかもしれません(ただし上田氏は水分移動の激しい例として高周波処理を挙げていたので、今回の蒸し器によるものがどれほど効果的なのかはわかりません)。

乾燥材を使うことで、型をつける時間が短く、外した後の変形が少ないことは大きなメリットだと思います。曲げを実際自分の工房で行うにあたって、もっとも実用に適うと感じたのはこの辺のことでした。

浜田氏はこの日、曲げに失敗した例も持って来られました。木目が通っていないものは端部でねじれが生じていました。また曲げの外側(引張側)に傷があったものは曲げの過程で大きく裂けていました。

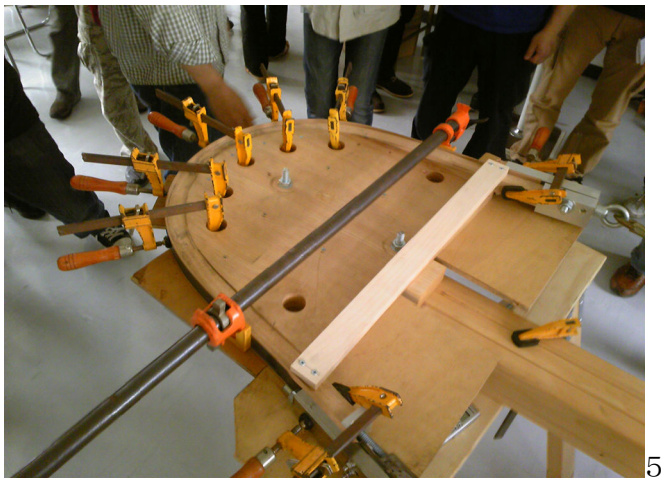
しかしそういった点を除けば、むしろ失敗する要素はないに等しい、と思えるほど作業に難しい点はありませんでした。装置も十分自作可能です。「曲げ木を特別な作業だと思ってはいけない」という浜田氏の言葉が印象的でした。

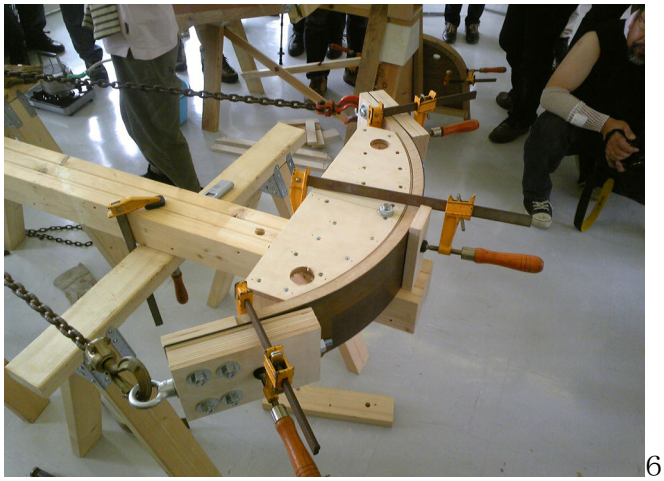
1

2

3

4


5


6