

- 資料 -

円柱材用針式インサイジング装置 の開発・実用化

八鍬 明弘

横幕 辰美^{*1}

高橋 尚志^{*1}

Development of Needle Incising Machine For the Round Wood

Akihiro YAKUWA Tatsumi YOKOMAKU Naoshi TAKAHASHI

Keywords : preservation, impregnating technology, incising, roundwood, needle
防腐, 注入技術, インサイジング, 円柱材, 針

1. はじめに

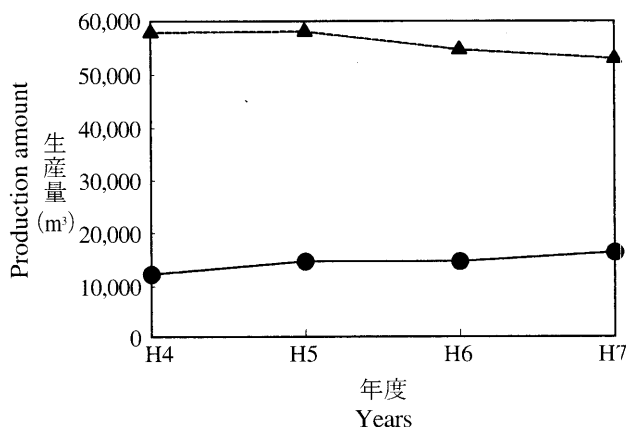
北海道における平成4年から平成7年の防腐処理材の生産量は、第1図に示すように、防腐処理材全体としては減少傾向にあるが、カラマツを主とする円柱材の柵やログ部材などの外構部材は安定してのびている。しかし、カラマツは、心材に防腐薬液がほとんど浸透しない樹種である。そのため、現状屋外で

使用されているカラマツについては、円柱加工で辺材を削り取られた材は防腐処理が不十分であるものが多いと考えられる。

そこで、カラマツなどの難注入材を対象として、高耐久性の防腐処理円柱材の製造を可能とするインサイジング装置の開発・実用化が望まれていた。

インサイジング装置は、1981年の日本農林規格の改正に伴って、正角材用装置が建築用部材として防腐処理工場などに広く普及した。この方式は、外周にオイスター型や台形型の刃を装備したローラーを木材表面に押し当てて回転させることで、木材を刺傷しながら送材するものである。

円柱材用インサイジング装置は、1986年にSchiele社が、1992年には中小企業事業団が開発した装置¹⁾があるが、これらの刺傷方式は、正角材用のインサイジング装置と同じように、外周に刃を装備したローラーを木材表面に押し当てる方式で、どちらも実用装置として普及していない。その理由として、これらの方式では特殊な切り刃を多数使用すること、また処理材の直径が変わった場合、その直径に応じた付帯装置を必要とするなどの理由で装置の価格が高価になる。また、難注入材に適用するために刺傷

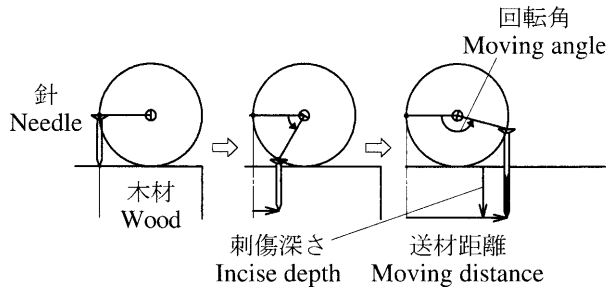


第1図 道内の防腐処理材の生産量

凡例：▲：全体，●：円柱材（丸太含）

Fig.1. Production amount of treated wood in Hokkaido.

Note : ▲ : Total treated wood ; ● : Roundwood (included log)



第2図 針式インサイジングの動作原理図
Fig.2. The mechanism way of needle incising .

密度や刺傷深さを増すと著しく強度低下を引き起こしたり、材面の痕が大きくなり美観を損ねるだけでなく、ささくれが発生しやすくなり、取り扱い時の安全性に欠ける結果となることなどが考えられる。

そこで林産試験場では、これらに代わる方式として正角材に針で連続的にインサイジングする方法を考案し、装置を試作してその有効性を検討した^{2,3)}。なお、針によるインサイジングについては、1985年の米国木材保存協会の大会において、Forintek社が研究報告¹⁾したが、装置は実用化されていない。

考案した針式インサイジングの動作原理を、第2図に示す。図に示すように、針を先端が常に木材表面に対して直角に向くように拘束して、針の元部を一定の半径で回転する点で支持することによって、針の動きだけで木材を刺傷しながら木材を送材することができる。

この方式は、針の直径や刺傷パターンを最適化することで、現状の方式より強度低下を抑制し、薬液の注入性が向上する特徴を持つ。

構造上、針の交換がしやすく、刺傷パターンの変更も容易である。

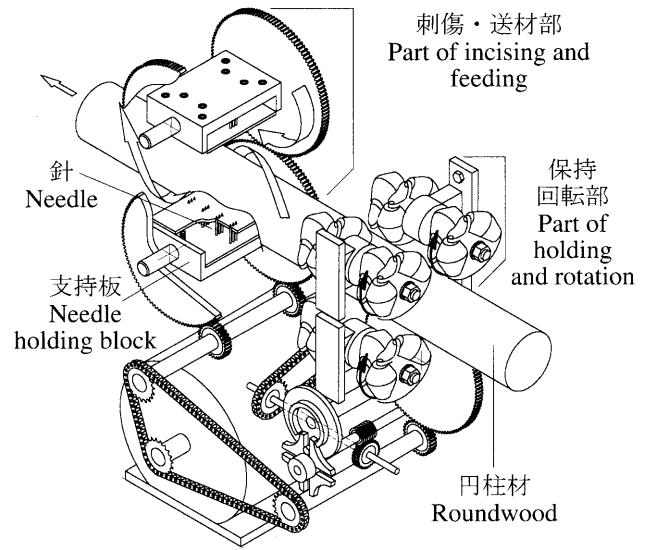
ここでは、円柱材用針式インサイジング装置の試作と試作装置での試験結果をもとに開発した実用装置の紹介をする。

なお、この研究は置戸林産流通加工共同組合連合会からの受託試験として実施したものである。

2. 試作装置

第3図は正角材用の試作装置の特徴を生かし考案した円柱材用インサイジング装置の概要である。

円柱材用インサイジング装置は、正角材用装置と同様の刺傷・送材部に円柱材を回転させる機構を追



第3図 円柱材用針式インサイジング装置の概要
Fig.3. Image of needle incising machine for the round wood .

加した構成で、刺傷・送材部の針で刺傷しながら材を前方に送り、保持・回転部で針が木材に接していないときに材を一定角度回転させることによって円柱材表面に断続的にらせん状の刺傷痕を形成させる方式である。

これに加えて任意の円柱材直径に対応するために、刺傷・送材部は傾斜できるように、保持・回転部はローラーの保持位置を可動できるようにした。

2.1 試作装置の設計・製作

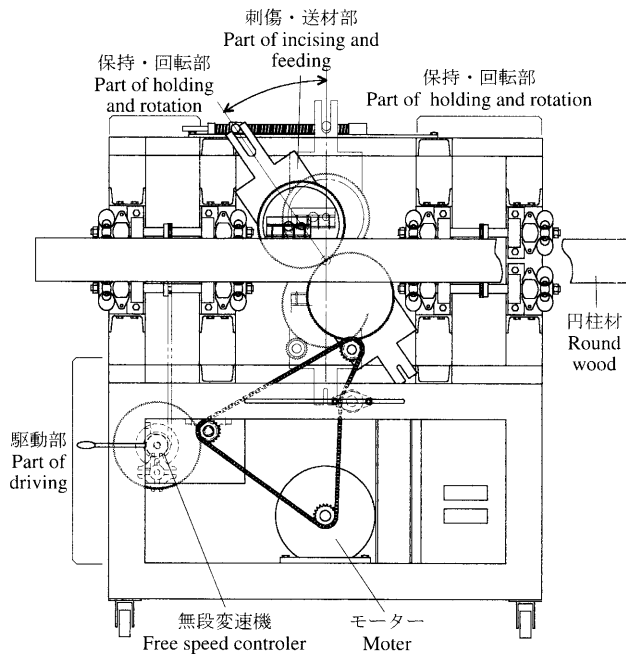
第4図に示すように、装置は大きく分けて3つ部分で構成した。

2.1.1 刺傷・送材部

刺傷痕の条件は、正角材用の試作機で実験した条件と近くなるように設定し、針の刺し込み深さ15mm、直径2.8mm、刺傷密度は8,000個/m²程度となるように設計した。

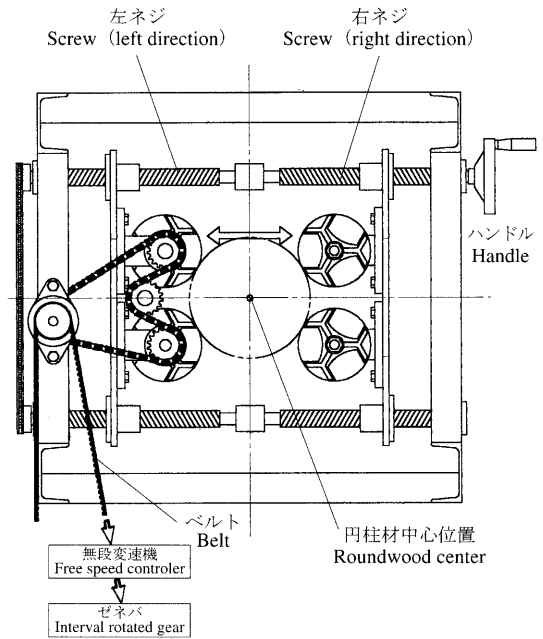
針の配列は、材の直径によっても変わるが、直径120mmの材の場合、支持板1ユニット当たり約30本程度の針が必要となる。

刺傷・送材部は、円柱材直径が100~160mmの間で任意に対応できるようにユニットの中心を支持して傾斜させる機構とした。



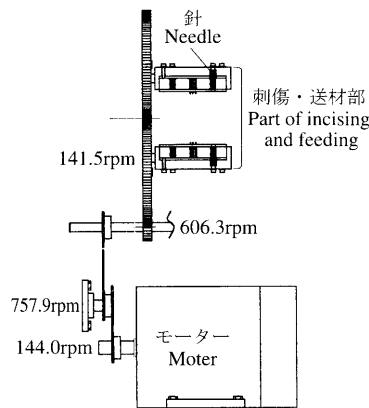
第4図 装置の横断面図

Fig.4. Side view of needle incising machine for the roundwood .



第5図 保持・回転部

Fig.5. Holding and rotating of the roundwood .



第6図 駆動部

Fig.6. Parts of driving .

2.1.2 保持・回転部

第5図ように、保持・回転部は、材の回転の中心位置を変化させずに、任意の直径に対応させなければならないので、直角2方向に回転するローラー2個で構成したユニットを向かい合わせに配置して、中心をずらすことなくその距離を調整可能にすることで対応した。針が円柱材に接していないときに、タイミングよく一定の角度で円柱材を回転させる方法としてゼネバ（間欠回転歯車機構）を用いた。

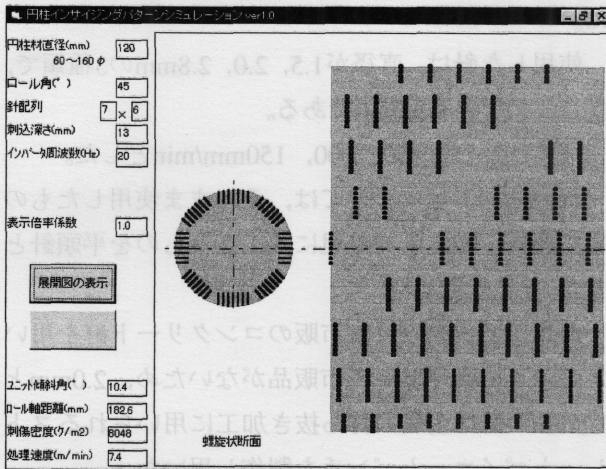
また、直径ごとに回転角度を変えなければならないので、ゼネバとローラーの間に無段変速機を用いて調整可能とした。

2.1.3 駆動部

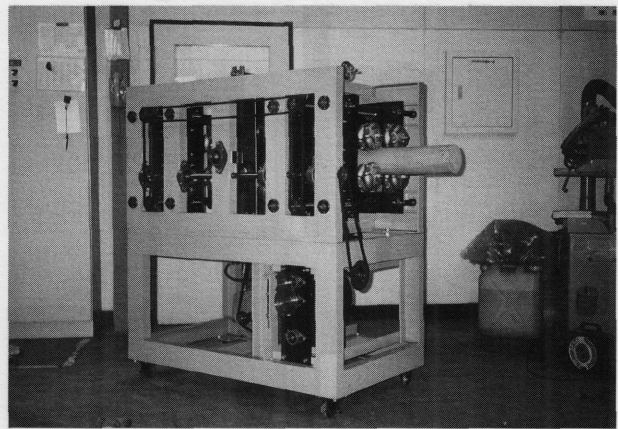
第6図に示すように、駆動部は送材速度が10m / min程度となるように、動力に5.5kWの三相交流モーターを用いて、約1 / 10の減速比で刺傷・送材部の歯車を回転させることとした。この歯車に連結した針の固定部が回転することによって1秒間に2.4回刺し抜きする。

2.2 シミュレーション

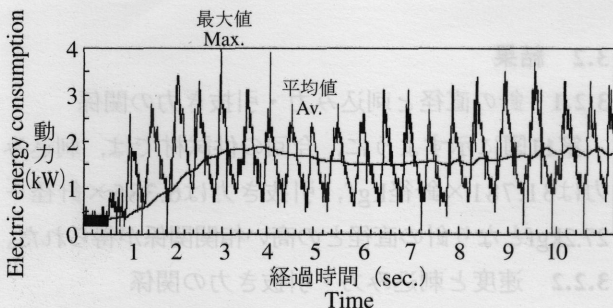
処理する円柱材の直径や針の刺し込み深さが変わると、装置の刺傷・送材部の傾斜角と針の配列、保持・回転部のローラーユニットの間隔、駆動部の間



第7図 シミュレーションプログラム実行例
Fig.7. Result of simulation of incising pattern.



第8図 円柱材用針式インサイジング試作装置
Fig.8. Prototype of needle incising machine for the roundwood.



第9図 動力測定結果
Fig.9. Result of electric energy consumption measured (Larch).

欠回転角度の設定が必要となる。そこで、設計値をもとにこれらのパラメーターを算出するシミュレーションプログラムを作成し、刺傷痕のパターンを確認した。シミュレーション結果の一例を第7図に示した。この結果、設定条件によっては刺傷痕の空白帯がらせん状に生じることがわかった。また、刺し込み深さに制約が生じることがわかったが、使用する針の長さを変えることで対処可能である。これらの設計、シミュレーション結果に基づいて製作した試作機を第8図に示した。

2.3 試作装置による試験

製作した試作装置について、その動作の確認、所要動力の測定を行った。

2.3.1 動作確認試験

試作装置でインサイジングしたとき、所定の刺傷

パターンが形成できるかを確認するために、はじめに直径100mmの円柱材を模擬した発砲スチロールを用いて試験した。

一つの支持板に直径2.8mmの針を30本配置して試験した結果、ほぼ予定の刺傷パターンが形成できることを確認した。

しかし、直径160mmの円柱材を処理する場合には、ひとつの支持板に40本程度の針を設置する必要がある。これによって材面がむしり取られることがあった。これは発砲スチロールがもろいことに起因するが、一度に多数の針で処理すると、木材表面を引きはがす力も増えるため、針が抜けるときの力を軽減するような工夫が必要である。

2.3.2 動力測定

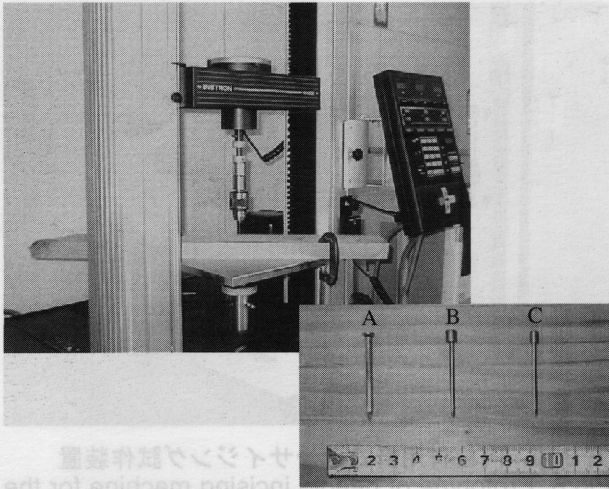
インサイジングする力や装置にかかる負荷を調査するため、運転時の動力測定を行った。

動力測定にあたり、装置の損傷を危惧して、はじめにやわらかいシナを用い、その後カラマツを用いた。なお、針は、直径2.8mmのものを使用し、シナおよびカラマツは直径130mmのものを使用した。

シナ円柱材を用いた実験では、一つの支持板に30本の針では、運転が停止することがあり、安定した運転をするためには針を12本まで減らす必要があった。

第9図は、一つの支持板あたり12本の針で、カラマツ円柱材を処理した時の測定結果である。

最大値は、4kWとなりモーターの定格値5.5kWの



第10図 針の刺込み・引抜き試験

注：記号は第1表参照

Fig.10. Push-in/Pull-out test.

Note : Symbols are shown in Table1.

70%に達した。

このことから試作装置では針の本数を増すことは不可能であり、すべての直径に対してまんべんなく刺傷痕を形成することは困難であることが判明した。

また、処理速度が速い利点がある反面、断続的に電力を消費し、平均値に対して2倍以上の余裕を持つ動力が必要なことがわかった。さらに試作機には断続的に生じる衝撃によると思われる疲労破壊が生じた。

以上のことから、実用装置については、安定した刺込み力を得るために、刺傷部と送材部の動力源を分離することが望ましいと判断し、刺傷部に油圧シリンダーを用い、送材部にモーターを用いて全体をシーケンサーで制御する方式で検討を進めた。

3. 針の刺込み・引抜き試験

実用装置で使用する針を選択するため、刺込み時と引抜き時の力を測定し、針の直径、先端形状、処理速度の影響を調査した。

3.1 試験方法

実用装置の油圧シリンダーによる刺傷方式を模倣し、インストロン型強度試験機で針の刺込み時の力と引抜き時の力を測定した(第10図)。

試験では針を20mm刺込み、その時の刺込み力と引抜き力の最大値をそれぞれ刺込み力と引抜き力とし

た。

使用した針は、直径が1.5, 2.0, 2.8mmの3種類で、長さはいずれも35mmである。

速度は2, 10, 50, 100, 150mm/minとした。

針の先端形状については、そのまま使用したものを尖頭針、やすりで平坦に加工したものを平頭針とした。

なお、2.8mmの針は市販のコンクリート釘を用いたが、この直径以下の市販品がないため、2.0mmと1.5mmの針は金属の打ち抜き加工に用いられるストレートパイロットパンチを製作し用いた。

供試材は含水率14.8%のカラマツラミナで、各条件について、年輪傾斜や幅を考慮して、繊維方向に直角に引いた線上での8点を測定した。

3.2 結果

3.2.1 針の直径と刺込み力・引抜き力の関係

第11図に示すように、今回の供試材では、刺込み力は $31.781 \times \text{針径 kgf}$ 、引抜き力は $6.385 \times \text{針径} + 27.2 \text{ kgf}$ となり針の直径との高い相関関係が得られた。

3.2.2 速度と刺込み力・引抜き力の関係

第12図に示すように、刺込み力・引抜き力と速度による相関は認められなかった。

3.2.3 針の先端形状と刺込み力・引抜き力の関係

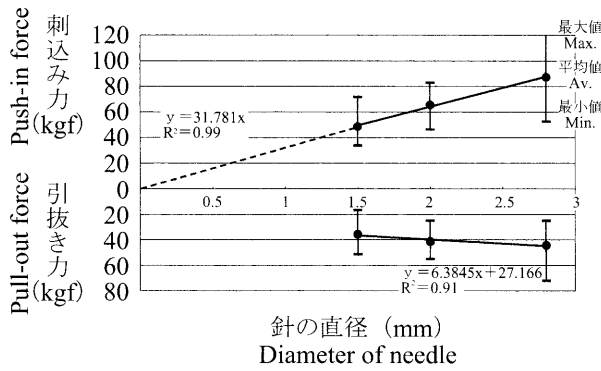
第13図に示すように、尖頭針と平頭針を用いた試験では、刺込み力・引抜き力に差は認められないが、単位長さあたりの刺込み力の最大値を算出して比較することで、平頭針は、瞬間的に大きな力がかかる場合があることがわかる。

このことから、平頭針は、衝撃が大きいと考えられ、特に針が節にあたった場合などを想定すると装置にかかる負荷は大きく、実用装置には不相当と思われる。

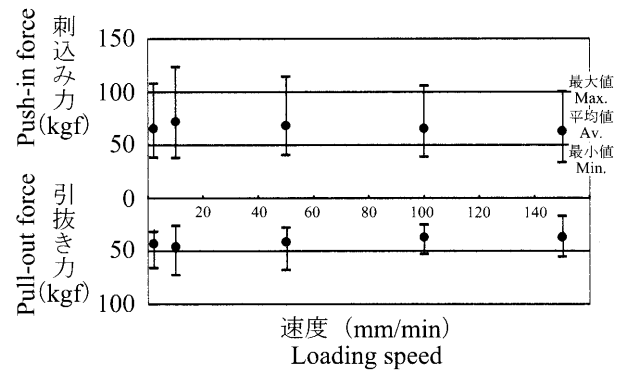
以上の結果から、装置にかかる負荷を考慮すると、直径が細い尖頭針の使用が望ましいが、実用装置にはコストの面から、2.8mmのコンクリート釘を使用せざるをえないと判断した(第1表)。

4. 実用装置

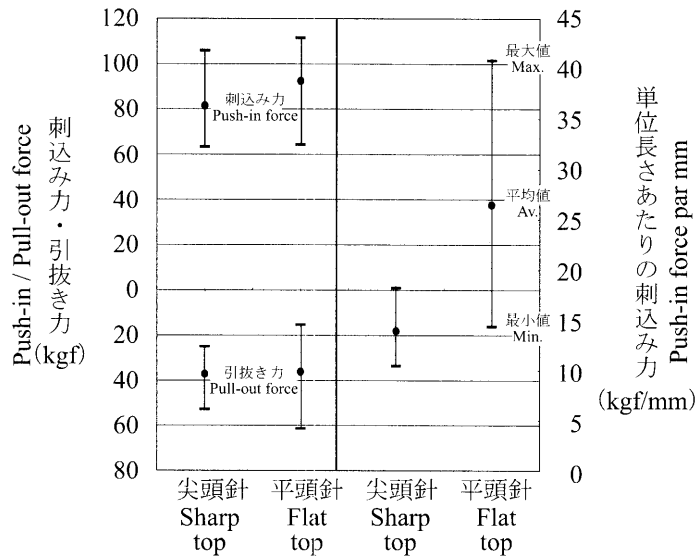
実用装置は、試装置での試験結果から、刺傷部と送材部の動力源を分離し、刺傷部に油圧シリンダー



第 11 図 針の直径と刺込み力・引抜き力
Fig.11. Relationship between diameter of needle and Push-in / Pull - out force .



第 12 図 速度と刺込み力・引抜き力
Fig.12. Relationship between speed loading and Push - in / Pull - out force .



第 13 図 針の先端の形状にする刺込み・引抜き力
Fig.13. Relationship between shapes of needle top and Push - in / Pull-out force .

第 1 表 使用した針の価格
Table 1 . Price of needle .

	A	B	C
	コンクリートネイル Concrete nail 2.8mm	ストレート パイロットパンチ2.0mm Straght pilot puch	ストレート パイロットパンチ1.5mm Straght pilot puch
価格 (1本当たり) Price (yen/needle)	3.3円	840円	910円

を用い、送材部にモーターを用いて全体をシーケンサーで制御する方式で設計し製作した。

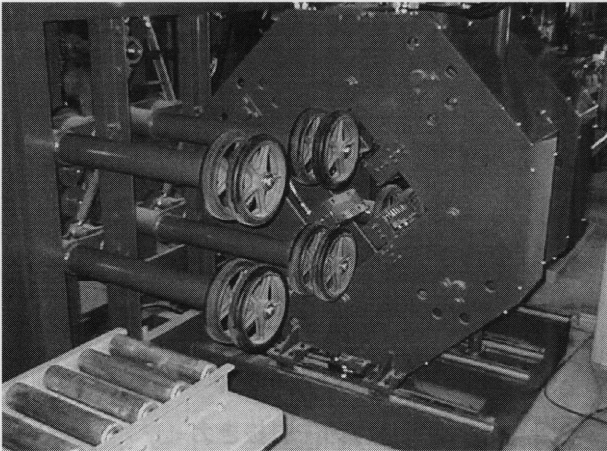
製作した実用機の性能を把握するため、インサイジング処理材の強度試験、薬液注入試験および処理材の経時的な割れの発生状況などの調査をおこなった。

4.1 実用装置の設計と製作

4.1.1 設計条件

試作機での結果を踏まえて、関連規格⁴⁾、受託研究の依頼元の要望を考慮して、実用機の設計条件を以下のように設定した。

1) インサイジング



第14図 実用装置
Fig.14. Commercial incising machine for the round wood.

樹種および処理材の直径に関わらず常に所定のインサイジング深さと密度が得られること。

用途に応じて全面もしくは必要な部分に処理できること。

針の交換および密度の変更が容易であること。

刺傷部に木片や抜けた節などが付着しないこと。

2) 処理可能寸法

直径100~200mmで長さは任意とし、その対応が容易であること。

3) インサイジング処理材の性能

インサイジング処理材の性能は、曲げ強さおよび曲げヤング係数の低下率が10%以下目標とすること。

防腐薬液の浸潤度は表面から10mmの領域の80%以上を占めること。

4.1.2 装置仕様

以上の要件を踏まえて実用装置は民間企業によって設計・製作された。

製作した実用装置の仕様は以下のとおりである。

- | | | |
|-------------|----------|--------------------------------------|
| 1) 装置寸法 | 幅 | 1,480mm |
| | 長さ | 2,500mm |
| | 高さ | 1,673mm |
| 2) 送材部駆動源 | ギアードモーター | 0.4kW |
| 3) 刺傷部駆動源 | 油圧システム | YUKEN Y22-2-10-5.5 |
| 4) 処理可能寸法直径 | | 100~200mm |
| 5) 刺傷密度 | | 6,700/m ²
(直径200mm処理時) |

- | | |
|-----------|----------------------------|
| 6) 処理速度 | 1~1.5m/min |
| 7) 刺傷ユニット | 前段4組 後段4組
針は1ユニット当たり48本 |
| 8) 使用針 | コンクリート釘
2.8mm (フジニッテイ製) |
- 製作した実用装置を第14図に示した。

4.2 実用装置による試験

実用装置を用いて直径100, 120, 150, 200mmのカラマツ円柱材をインサイジング処理した結果、いずれも支障なく所定の形状でインサイジング処理ができた。

4.2.1 処理材の曲げ試験

実用装置でインサイジング処理した円柱材の強度低下を検討するため曲げ試験を行った。

1) 供試材と試験方法

・ 試供材

試供材は直径100mmの3本のカラマツ円柱材を同一材料から長さ1,300mmで2本切出したものと、直径120mmの5本のカラマツ円柱材を同一材料から長さ1,800mmで2本切出したものをそれぞれインサイジング処理材とコントロール材とした。

参考のため、直径120mmについてはスギとトドマツを同数本用意した。

・ 試験方法

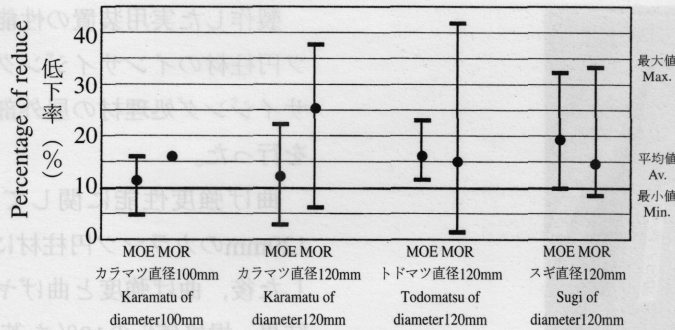
曲げ試験は、インストロン型強度試験機を用いて直径100mmについてはスパン1,200mmの中央集中荷重方式で、直径120mmについてはスパン1,650mmの中央集中荷重方式で行った。荷重速度は3mm/minとした。

2) 結果

曲げ試験の結果を第15図に示した。

直径100mmの試供材の曲げ強さはバラツキが大きく一定の傾向は認められなかったが平均で16%の低下率であった。曲げヤング率についてはインサイジング処理により低下する傾向が認められ、平均で11.4%の低下となった。含水率は平均で22.5%であった。

直径120mmの試供材の曲げ強さは平均で25.4%、曲げヤング率は平均で12.2%の低下率であった。但

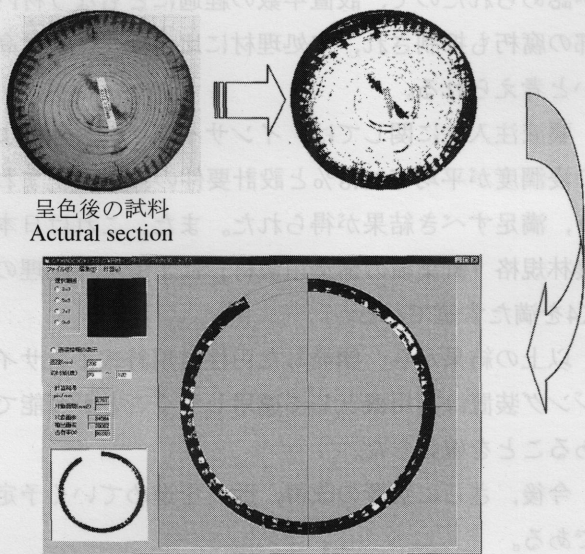


第15図 曲げ強度試験結果

凡例：MOE：曲げヤング係数，MOR：曲げ強さ

Fig.15. Result of bending test.

Note：MOE：Modulus of elasticity；MOR：Modulus of rupture.



第16図 薬液の浸潤域算出

Fig.16. Measured penetration area of preservative.

し著しく強度低下した材を除くと曲げ強さは平均で19.2%，曲げヤング率は7.1%の低下率となる。含水率は51.3%であった。

参考に行ったトドマツでは曲げ強さが15.0%，曲げヤング率が16.1%の低下率であり，スギは曲げ強さが14.6%，曲げヤング率が19.2%の低下率であった。

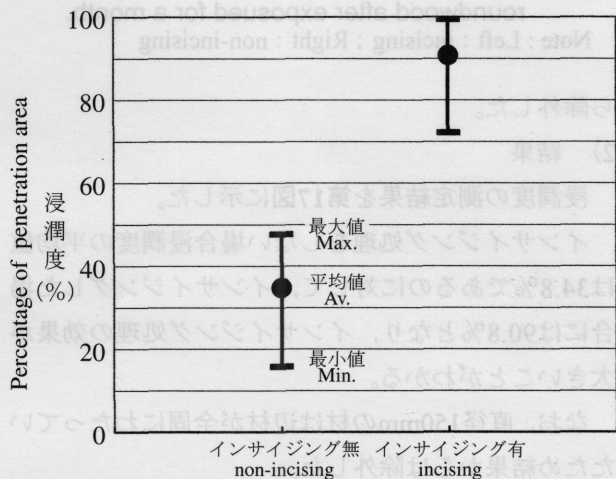
4.2.2 処理材の薬液注入試験

実用装置でインサイジングした後，防腐薬液を注入し，薬液浸潤度を測定した。

1) 試供材と試験方法

・試供材

カラマツ円柱材を用い，直径120mmの材10本，



第17図 浸潤度

Fig.17. Comparison of penetration area for incised and non-incised roundwood.

150mmの材6本，200mmの材6本，それぞれ半数をインサイジング処理し半数をコントロール材とした。

・注入方法

供試材に常法によりアルキルアンモニウム銅化合物（ACQ）を加圧注入した。

注入条件は，減圧が720mmHgで30分，加圧が15kg/cm²で4時間とした。

・薬液浸潤度の測定

薬液注入材の木口から80cmの点で測定用試料をとり，呈色法により薬液の浸潤度を測定した。

測定は呈色した試料をスキャナーで読取り，パーソナルコンピュータで二値化して外周部から10mmのドーナツ状の領域を占める白と黒のピクセルの割合を算出した（第16図）。

なお，試料の辺材と判断できる部分は計算領域か



第18図 1か月屋外放置した円柱材の割れ発生状況

注：左：インサイジング処理なし，右：有り
Fig.18. Crack of incised roundwood and non-incised roundwood after exposed for a month.

Note : Left : incising ; Right : non-incising

ら除外した。

2) 結果

浸潤度の測定結果を第17図に示した。

インサイジング処理をしない場合浸潤度の平均値は34.8%であるのに対して、インサイジングした場合には90.8%となり、インサイジング処理の効果が大きいことがわかる。

なお、直径150mmの材は辺材が全周にわたっていたため結果からは除外した。

4.2.3 処理材の割れの調査

割れの発生しやすい円柱材に対して針式インサイジングの割れ抑制効果を検討した。

1) 試験方法

カラマツ円柱材を用いて、インサイジング処理材と未処理材を屋外暴露して、割れの発生状況を調査した。

2) 結果

約1か月屋外放置した試験材の状況を第18図に示した。

約1か月の暴露で顕著な違いがみられ、インサイジング処理した材では小さな割れが分散し、無処理材のような連続した大きな割れが生じなかった。

5. まとめ

円柱材用インサイジング装置を開発するため、針式の装置を考案し試作装置を設計・製作した。その後、試験を行い実用装置を製作した。

製作した実用装置の性能を把握するため、カラマツ円柱材のインサイジング処理を行うとともにインサイジング処理材の屋外部材としての性能確認試験を行った。

曲げ強度性能に関しては、直径100mmおよび120mmのカラマツ円柱材にインサイジング処理を施した後、曲げ強度と曲げヤング率の低下率を調べた結果、規格値⁴⁾の10%を若干上まわった。そのため、実用あたっては、強度が要求される部材には直径の太い材料を使用するなどして対応しなければならない。

また、インサイジング処理による割れの抑制効果が認められたので、設置年数の経過にともなう材内部の腐朽も抑制され、未処理材に比べて安全性は高いと考えられる。

薬液注入性に関しては、インサイジング処理により浸潤度が平均で90.8%と設計要件の80%を上まわり、満足すべき結果が得られた。また、これは日本農林規格「針葉樹の構造用製材」による保存処理のK4を満たす値である。

以上の結果から、開発した円柱材用針式インサイジング装置は実用機として運用して行くことが可能であることを確認した。

今後、さらに装置の改善、改良を進めていく予定である。

6. 文献

- 1) 中村嘉明：中小企業近代化審議会資料，(1988).
- 2) 八鍬明弘：林産試だより，9月号，10-14(1993).
- 3) 八鍬明弘 ほか3名：林産試験場場報，8(5)21-23(1994).
- 4) 日本農林規格「針葉樹の構造用製材」

—企画指導部 普及課—

—*1：技術部 機械科—

連絡人：(原稿受理：99.1.15)