

弱めず低コストな防腐処理のために

- 釘による新インサイジング機械の開発 -

八 鍬 明 弘

はじめに

一般に木材は、金属やその他の素材に比べると軽く強度があり、加工しやすい長所を持つ反面、「狂う、燃える、腐る」という欠点があります。しかし、住宅を中心とする種々の分野で、木材の需要が高まりつつあるのは、木材の持つやさらかさやぬくもりなどが、人間の感性に強く訴えかけるからでしょう。特に、エコロジーが時代のキーワードとなっている今日では、まさに木材は材料のトレンドであるといえます。

近年、北海道ではカラマツ人工林が間伐期を迎え、小中径木の伐採が増えてきました。これらを有効利用するために、「エクステリア」「遊具」などの用途が開発されていますが、いずれも屋外で使用されるため、高い耐久性が要求されます。それに伴い、「防腐処理」がクローズアップされてきています。林野庁も、平成3年に「薬品処理木質外構部材の製造基準」を制定しました。この規格は、耐用年数10年以上を目標として、薬品処理木質外構部材の製造基準について細かく規定し、安全性向上を図っています。この規格では、カラマツを外構部材として使用する場合、木材の内部深くまで十分に防腐薬液を注入する必要があるため、そのためにはインサイジング加工が不可欠です。

今回、薬液の注入が特に難しいカラマツ材のインサイジング加工技術の開発を目的に、試作機を製作したのでその概要を紹介します。

インサイジングとは

インサイジングとは、均質な防腐薬液の浸潤層を得ることが目的で、薬液注入前の木材表面に穴や溝を刻むことです。インサイジング加工は、約25年前、枕木、電柱用として始まりましたが、これらの木材使用が減少するとともに、一時衰退しました。その後、昭和56年の日本農林規格（JAS）の改定に伴い、建築用防腐土台が多く使われることにより、インサイジング機械が広く普及するようになりました。これらの土台には、比較的薬液注入性の良いスプルスや米ツガが多く使用されているようです。現在では、カラマツなどの難注入材を用いた「エクステリア材」「遊具材」のインサイジング加工が注目されています。

開発の経緯

カラマツの心材部は、防腐土台に使用されるようなスプルスや米ツガに比べ、材表面からほとんど防腐薬液が浸潤しないので、インサイジング痕の密度を大幅に増すか、インサイジング痕の深さを増すなどの方法をとらなければなりません。

「薬品処理木質外構部材の製造基準」による浸潤度を得る目的で、インサイジング密度を増す場合は、材表面の美観を損ねるだけでなく、材料の強度が著しく低下することが懸念されました。そこで、後者のインサイジング痕の深さを増す方法を考えました。

当初は、現在広く普及しているドラムに刃を埋めたローラー型インサイジング機の改良を検討しました。しかし、この方式で深い浸潤度を得るた

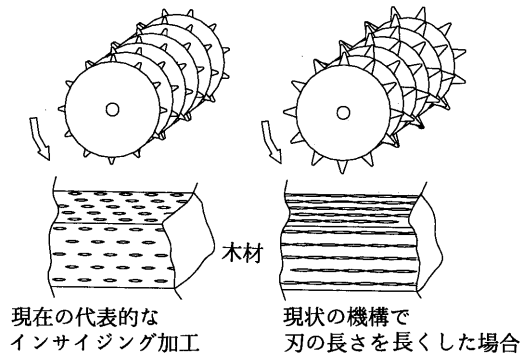


図1 現在のローラ型インサイジング機によるインサイジング痕

めには、刃を長くしなければなりません。この場合、刃の長さの増加によって、木材表面の傷の長さも増してしまい、材表面の美観を損ね、材強度の低下をもたらすという問題につきあたりました(図1)。

そこで、インサイジング痕の探さが変化しても、表面の傷の大きさが変わらない方法として、ドリル法、溝切り法、針法の三つを取り上げました。

予備試験と結果

まずはじめに、ドリル法、溝切り法、針法(実際には、コストの点で針には釘を使用:以下、釘法とする)を用いて深さ15mm刺したときの、単一刺傷痕と薬液浸潤の相関を調べました。

その結果、薬液の浸潤域は図2に示したように、ドリル法では繊維方向にドリル径(d)+58

mm, 繊維に直角方向にドリル径(d)+0.38mm, 釘法では繊維方向に釘径(d)+64mm, 繊維に直角方向に釘径(d)+0.56mm, 溝切り法では繊維方向に溝切り幅(a)+60mmとなりました。この結果をもとに、各々の方法のインサイジングパターンを決定しました。

釘法の場合、十分な薬液の浸潤を得るためには、釘直径を3.05mmとすると4,131穴/m², ドリル法では、直径を2.5mmとすると5,739穴/m²となりました。また材料の強度低下をなるべく起こさせないように同一線上に並ぶ数を少なくし、配列しました(図3)。

このパターンで、実大のカラマツ正角材(105mm×105mm×2m)を、15mm深さで4面インサイジング処理した後、強度低下を測定した結果は、ドリル法では40%, 溝切り法では64%, 釘法では14%となりました。この実験結果から、強度低下の最も少ない釘法を採用することに決定しました。

次に、実際に、カラマツに釘を刺し込む場合どの程度の力が必要なのか、またインサイジングに適した釘の大きさを知るために、オートグラフを用いてカラマツ材への釘の刺し込み力と、引き抜き力を測定しました。使用した釘はコンクリート釘 7(直径5mm), 8(直径4.6mm), 9(直径4mm), 12(直径2.8mm)で、図2に示した単一刺傷痕における浸潤度をもとに、インサイジングパターンを決め、面積100mm×60mm, 厚さ10mmの鉄板に釘を配列し、各条件で16mm刺した後引き抜きました。

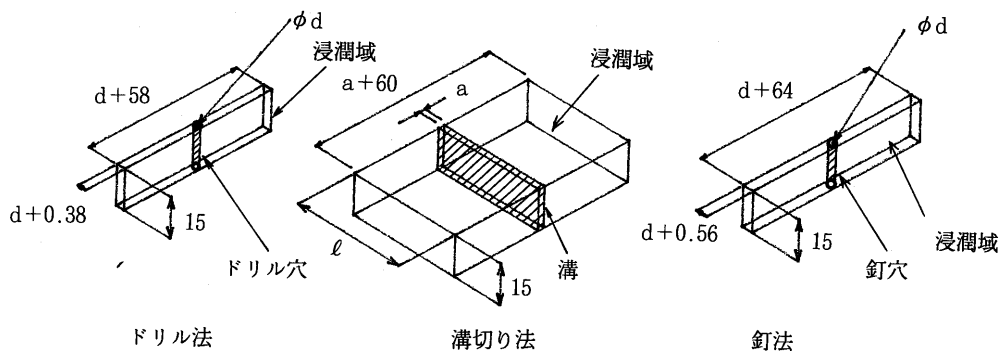


図2 単一刺傷痕と薬液浸潤の相関 (単位: mm)

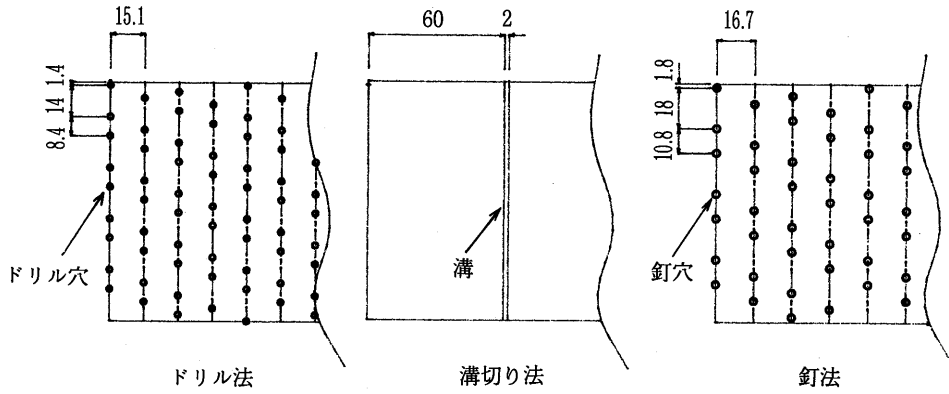


図3 インサイジングパターン (単位: mm)

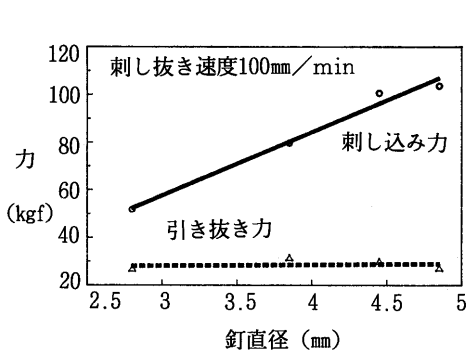


図4 釘直径と釘1本の刺し抜き力の関係

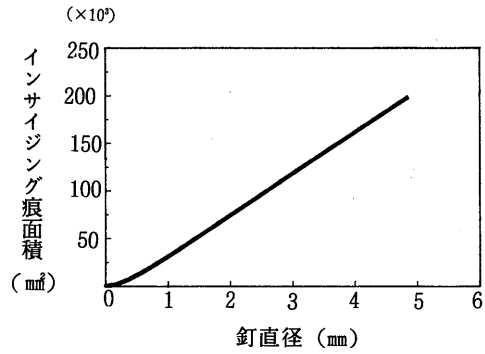


図6 釘直径と全インサイジング痕面積の関係

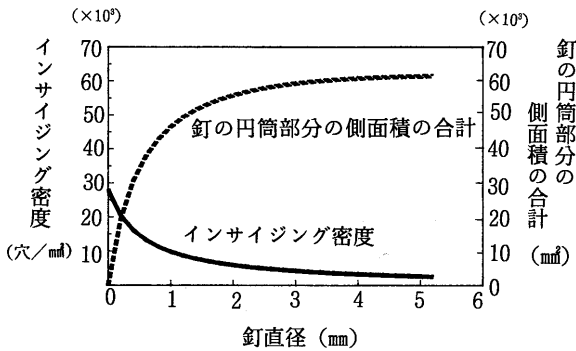


図5 直径と密度・釘の円筒部分の側面積の合計の関係

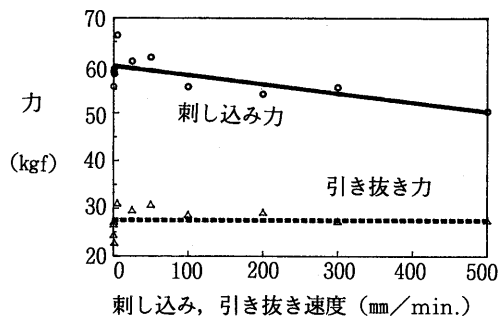


図7 釘の刺し抜き速度と刺し抜き力の関係

以上の予備試験によって得られた結果は、次のとおりです。

- (1) 釘1本に換算すると、刺し込み力は釘直径にほぼ比例し、引き抜き力は直径に関係なくほぼ一定になりました(図4)。これは、釘が木材に刺さり込む時には、釘と木材の摩擦面の大きさ(釘の円筒部分の側面積)に比例して刺し込み力が大きくなると考えることがで

きます。釘の円筒部分の側面積の合計と釘直径の関係、インサイジング密度と釘直径の関係は、図5のようになります。図5より、釘の直径が細くなると、インサイジング密度は増えますが、釘の円筒部分の側面積の合計は急激に減少することが分かります。したがって、全体にかかる刺し込み力は、釘の直径が細くなればなるほど小さくなります。

- (2) 図6には、釘直径とインサイジング痕の全面積との関係を示しました。図5に示したように、釘の直径が小さくなると、インサイジング密度は増加しますが、図6から全インサイジング痕面積は逆に小さくなり、その分強度低下も少なくなると考えられます。
- (3) 刺し込み力は刺し込み速度が速いほど小さくなる傾向があり、引き抜き力は速度に関係なくほぼ一定になりました(図7)。

上記の結果を踏まえ、試作機に使用する釘の直径を決めました。釘の直径が細ければ細いほど材料の強度低下が少なくなり、インサイジングに必要な力も少なくなることが予測できます。そこで、軟鋼の釘で、市販されている最小径の1.2mmのものを用いて、カラマツ材に刺し込みました。その結果、釘がすぐ曲がってしまうことがわかりました。したがって、機械には、軟鋼の約2倍の強度をもつ硬鋼線材のコンクリート釘の中で、最小径2.8mmのものを採用することにしました。また、インサイジングの刺し込み速度も、できるだけ速くすることにしました。

インサイジング機械の試作

機械の開発にあたって、「薬液処理木質外構部材の製造基準」から与えられた条件は、以下のとおりです。

- (1) パターンが変化しても深さが変わらないこと。
- (2) インサイジング加工後の強度低下は、曲げ強さおよび曲げヤング係数とも、10%以内であること。
- (3) 刃の交換およびインサイジング密度の変更などが容易であること。
- (4) 実用機を想定して、処理能力が従来の実用機程度であること。

その他、低コストが普及のカギであると考え、装置自体とランニングコストを低く抑えることを念頭におきました。

また、試作にあたってのポイントは、釘を曲げず、どのような方法で材面を連続的にインサイジング処理するかということでした。

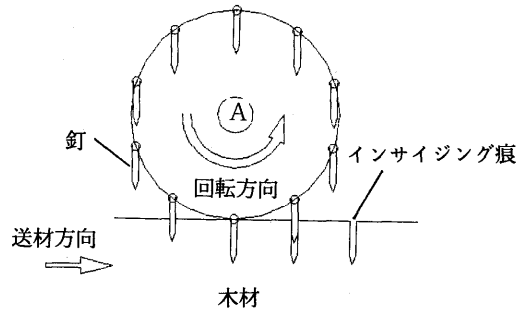


図8 釘式インサイジング機の機構

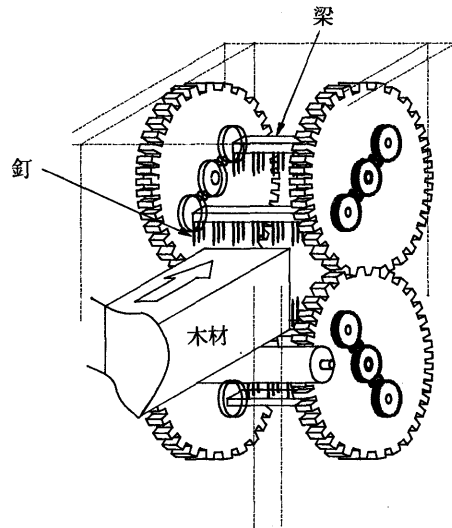


図9 釘式インサイジング機の概略図

そこで、次の方法を考案しました。図8に示すように、Aを中心とする円周上に釘の支点を設け、円Aが矢印の方向へ回転しても、たえず釘の先端が木材表面に垂直な方向を維持するように、釘の動きを拘束する機構です。このことにより、釘は木材に刺さりながら木材を前方へ送り、また抜けながら木材を前方へ送ることができます。この方式を応用し、対向する歯車上に回転する支点をもつ梁を設置し、その梁には複数本の釘を取り付けました。そのユニットを上下に配置して、図9の機械を試作しました。モータには、実験から得た釘の刺し込み力をもとに、5.5kwのインバータ付きモータを使用し、処理能力を実用機の最低限である10m/min.を得るために、作用点をもつ歯車までの減速比は、約50分の1としました。イ

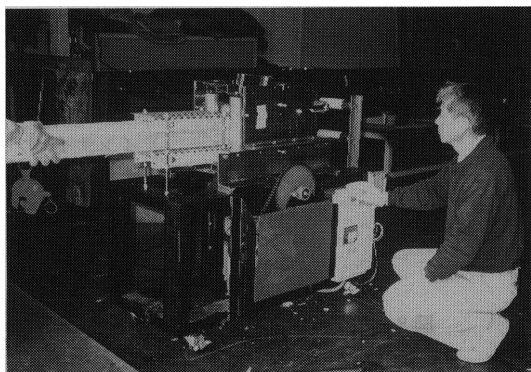


写真1 試作機全景

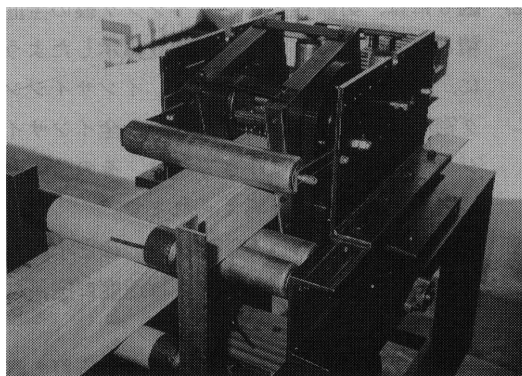


写真2 インサイジング加工

ンサイジング速度（釘の刺し込み速度）は、オートグラフにおける最高速度500mm/min. の約10倍の6000mm/min. としました。

試作機の性能

試作機で、実際にカラマツの正角（105×105mm×3.65m）をインサイジング処理した結果は以下のとおりです。

- (1) 最大処理速度は、11m/min.（従来機は約10～30m/min.）となりました。
- (2) 所要動力は、約0.4kwでした。
- (3) 試作機は、部品代（加工費除く）だけで約50万円、実用機の試算価格は約300万円（従来機は約1,000万円）となりました。
- (4) 処理痕は、2.8mm径の釘を使用して、深さは15mm、密度は約4,400穴/m²となりました。

その他、いろいろな条件に対応できるように次のような自由度を持たせることができます。

それは、釘の取付部をユニットにしてネジ止めしているので、パターン（刺傷密度、釘太さ）の変更や、釘に曲がりや摩耗などが生じて、容易

に交換できる構造になっていること、釘の長さを変えることによって、簡単にインサイジング痕の深さを変えることができることなどです。

最後に、処理材の曲げ強度を測定した結果、平均で10.3%の低下となりました。規格値は10%以内なので、処理材の約半数が規定値を満足しない結果となりました。したがって現状の釘よりも、径の細い釘を使用できるようにすることが残された課題です。

さらに、この試作機を実用機として完成するには、まだいくつかの改良すべき点があります。例えば、種々の材料のサイズへの対応（現在は105mm正角材のみ対応）、4面同時処理への対応（現状は2面のみ対応）、釘および機械全体の耐久性の向上などです。

写真1は試作機の全景、写真2はインサイジング加工した直後の材料の排出部です。

今回の私たちの研究で、釘式インサイジング機の基本的な機構は開発できました。今後、この機構を使った実用機の完成が早急の課題となります。

（林産試験場 機械科）