

# 木材の乾燥に伴う釘の引抜抵抗

金森勝義 河原田 洋三  
千野 昭

## 1. はじめに

釘の引抜抵抗は木材の比重、釘径、釘の打ち込み長さなどの様々な因子が関係するが、更に釘を打ち込む時の木材の含水率条件と打ち込み後の雰囲気条件によって著しく変動する。例えば、生材に鉄丸釘を打ち込み、それを乾燥させた場合の引抜抵抗は著しく低減する<sup>1), 2), 3)</sup>のに対して、引続き湿潤状態を保たれた場合は乾燥材に釘を打ち込み直ちに引き抜いたときの値とほとんど変わらないと言われている<sup>4)</sup>。また、乾燥材に鉄丸釘を打ち込み、それが乾湿の繰り返しを受けた場合の引抜抵抗は一時上昇したのち徐々に低下する<sup>5), 6)</sup>のに対して、引続き平衡状態を保たれた場合は経時変化に伴い漸減する<sup>7)</sup>と報告されている。

このように、釘の引抜抵抗は対象となる木材と釘とが同一のものであっても、前述の2条件によって大きな差異が認められる。従って、これらの条件は釘の引抜耐力を考える上で欠くことのできない要因と考えられるが、我が国ではこれらに関連する資料は極めて少ないのが現状である。

以上の観点から、今回は生材に釘を打ち込み、その引抜抵抗が木材の乾燥に伴ってどのような挙動を示すか、釘の種類、打ち込み面（釘を打ち込む試験片の面）、樹種別に検討した。また、比較のためにそれらを引き抜く時と同程度に乾燥させた場合の値についても併せ検討したので報告する。

なお、本報告の要旨は第10回工芸研究発表会（1976年3月東京都）において発表した。

## 2. 実験方法

### 2.1 供試材

実験には北海道産のエゾマツ、カラマツ、ミズナラの3樹種を用い、各樹種の全乾比重、平均年輪巾、初

第1表 各樹種の全乾比重、平均年輪巾、初期含水率

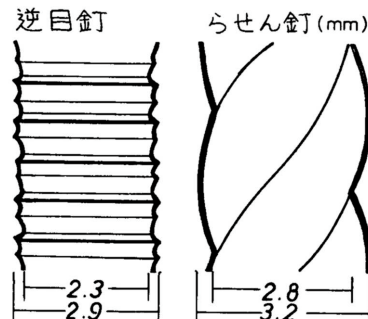
樹種	全乾比重		平均年輪巾 (mm)		初期含水率 (%)	
	平均値	$\sigma$	平均値	$\sigma$	平均値	$\sigma$
エゾマツ	0.41	0.04	2.4	0.5	41.0	10.3
カラマツ	0.48	0.06	3.2	1.4	38.5	5.0
ミズナラ	0.63	0.06	1.3	0.4	68.6	7.7

注)  $\sigma$ (標準偏差値)

期含水率は第1表に示すとおりである。試験片は二方桁目板に製材したものを生材の状態では厚さ5cm、幅5cm、長さ12cmに仕上げた。

### 2.2 釘の種類と形状

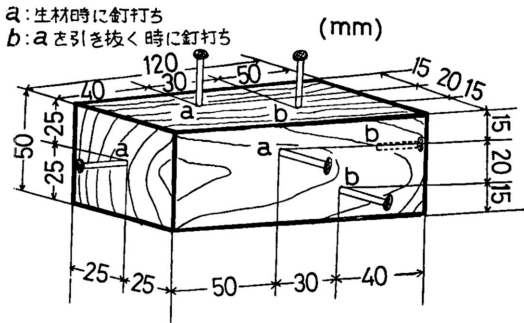
実験には鉄丸釘の他に特殊釘として代表的な逆目釘とらせん釘の3種類を用いた。鉄丸釘はN50（長さ50mm、径2.77mm）、逆目釘とらせん釘は長さが50mmで胴部の形状が第1図のものである。なお、逆目釘とらせん釘の表面は各々亜鉛メッキ、セメントコート処理されたものである。



第1図 特殊釘の胴部の形状

### 2.3 釘の打ち込み

釘の打ち込みには試作した釘打ち試験機を使って釘長の2/3だけ打ち込んだ。この試験機は鉄管の中を重錘が自然落下させることを利用したもので、打撃条件は重錘重量2.98kg、落下高さ25cmで行った。



第2図 釘の打ち込み位置

釘の打ち込み位置は第2図に示すようにJIS Z2121に準拠したが、予め生材の状態では板目、柾目、木口の3方向に各々1本ずつ打ち込み、残りの3本はそれらを引き抜く時に打ち込んだ。

2.4 乾燥条件

生材に釘を打ち込んだ試験片は20, 65%R. H., E.M.C. (平衡含水率) 約12%の恒温恒湿室にて各経時々間まで乾燥させた。

2.5 釘の引き抜き

この方法には静的と動(衝撃)的の2通りが考えられ、釘の種類によっては両者に差異が認められる<sup>8)</sup>と報告されているが、本実験では静的な方法で行った。

釘の引き抜きには島津製オートグラフIS-5000を使用し、引き抜き速度は1.5mm/min.で行った。なお、生材時に打ち込んだ釘は打ち込み直後と1週間、2週間、1ヵ月、3ヵ月、6ヵ月の後に、また、比較のために各経時ごとに打ち込んだ釘は全て打ち込み直後に引き抜いた。

3. 結果と考察

木材の乾燥に伴う釘の引抜抵抗は釘の種類によってかなり異なった挙動が認められた。また、打ち込み面と樹種別については板目と柾目では各樹種とも概ね同様の傾向を示したが、木口では樹種によって多少異なるものが見られた。

以下、これらの結果を釘の種類別に説明する。

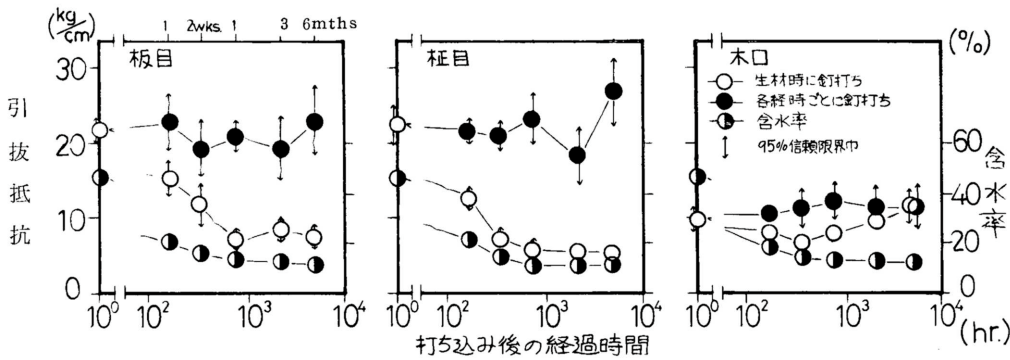
3.1 鉄丸釘

木材の乾燥に伴う釘の引抜抵抗は第3図に示すように、板目と柾目ではF.S.P. (繊維飽和点)

付近からE.M.C.までほぼ直線的に減少し、その後一定値を示した。これは釘身付近の木材がドライイングセットの状態となり、加圧収縮の影響を受けながら弾性が失われるためと考えられる。さらに、釘の打ち込み時に発生する木材の割れが乾燥に伴って助長される点も一因と考えられる。即ち、鉄丸釘は木材が釘身を圧する緊束力と両者間の摩擦係数によって保持されるので、これらの影響が釘の引抜抵抗を著しく低減させたものと考えられる。なお、この傾向はカラマツとミズナラの板目と柾目についても同様であった。

また、木口の場合は樹種によって傾向が異なり、エゾマツでは第3図のように含水率の変化に関係なくほぼ一定の値で推移したが、カラマツとミズナラでは板・柾目と同様の傾向を示した。これは高比重材ほど加圧収縮の影響を受け易いためと考えられるが、この原因についてはさらに検討を要しよう。

一方、各経時ごとに打ち込んだ釘の引抜抵抗は第3図に示すように、各打ち込み面とも生材時の値とほと



第3図 鉄丸釘による引抜抵抗の経時変化(エゾマツ)

第2表 生材時及び6ヵ月後の釘の引抜抵抗とその増減率（鉄丸釘）

打ち込み面	樹種	生材時の値 (kg/cm)			6ヵ月後の値 (kg/cm)			増減率 (%)		
		最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
板目	エゾマツ	24.8	21.8	19.7	10.0	7.3	5.8	-59.7	-66.5	-70.6
	カラマツ	34.2	28.3	24.2	11.8	8.8	6.7	-65.5	-68.9	-72.3
	ミズナラ	47.3	38.4	29.7	11.7	7.4	4.5	-75.3	-80.7	-84.8
柱目	エゾマツ	29.7	22.8	20.3	6.7	5.3	4.5	-77.4	-76.7	-77.8
	カラマツ	27.9	24.9	20.8	9.7	7.0	5.3	-65.3	-71.9	-74.5
	ミズナラ	51.0	44.3	33.3	16.0	9.8	5.0	-68.6	-77.8	-85.0
木口	エゾマツ	13.5	10.1	8.0	16.7	11.9	9.7	+23.7	+17.8	+17.5
	カラマツ	12.1	10.4	6.7	9.7	7.0	4.7	-19.8	-32.7	-29.9
	ミズナラ	35.0	26.4	20.2	19.2	12.7	8.2	-45.1	-51.9	-59.4

注) 増減率では+が増加率を、-が低減率を表わす。

んど変わらなかった。従って、生材時に釘を打ち込みそれを乾燥させた場合と比較すると、エゾマツの木口を除いて、低含水率になるほど差は大きくなった。なお、この現象は他のカラマツ、ミズナラについても同様であった。

第2表に打ち込み面、樹種別による生材時及び6ヵ月後の釘の引抜抵抗とその増減率を示した。まず、打ち込み面別にみると、生材時の木口は板目と柱目の半分以下の値になったのに対して、後者の差は僅かであった。6ヵ月後ではエゾマツとミズナラの木口が他の2面よりも大きな値を示した以外は顕著な差を認め難い。増減率では板目と柱目の平均値はそれぞれ -66.5 ~ -80.7%、-71.9 ~ -77.8%でほとんど変わらないが、木口 (-51.9 ~ +17.8%) に比べると低減が大きかった。この板目と柱目の増減率は、供試材や実験方法の違いから一概には比較できないが、Stern (サウザンパイン、約 -75%) の結果<sup>3)</sup> とほぼ近似し、Gaitsch (トウヒ、アカブナ、-57.4 ~ -67.8%) の結果<sup>1)</sup> よりも低減が大きかった。

次に、樹種別にみると、生材時ではミズナラが一番大きく、ついでカラマツ、エゾマツの順になった。6ヵ月後ではエゾマツとミズナラの木口がカラマツよりも大きな値を示した以外は明らかな差を認め難い。増減率ではミズナラが他の樹種よりも低減の割合が大きかった。

また、エゾマツとカラマツの6ヵ月後の値を木構造設計基準の短期許容引抜耐力と比較したところ、板目の場合はカラマツの一部で針葉樹類の値 (10.0kg/

cm) を上回ったが、エゾマツでは針葉樹類の値 (6.1kg/cm) よりも低いものも見られた。柱目の場合は2樹種とも類の値を下回るものが見られ、特にエゾマツではほとんどがこの値に達しなかった。ただし、この規準では安全率、釘の締まり、乾燥による低減率が見込まれているので、これらの値を換算した後比較を行った。

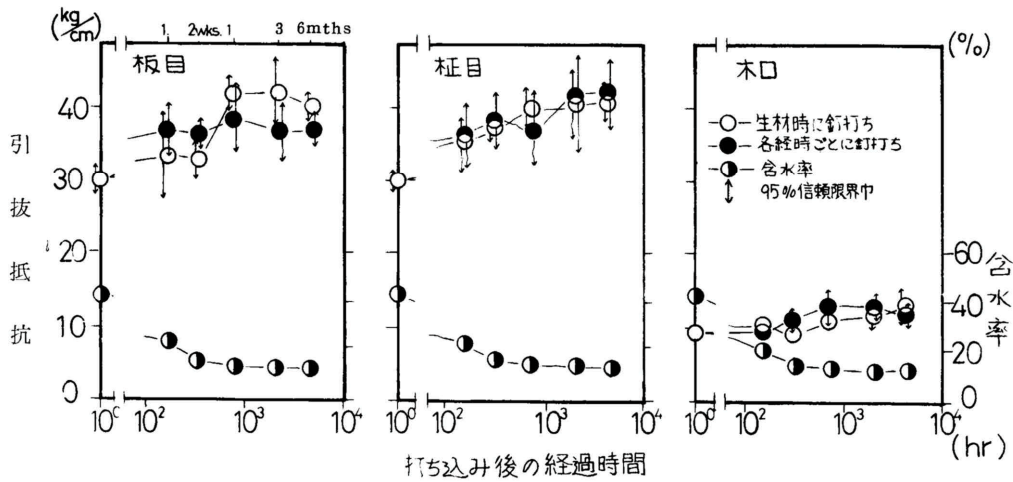
以上の結果から、鉄丸釘は乾燥後に引き抜き力を受ける場合の低減が著しいので、このような条件下での使用には配慮を要しよう。

### 3.2 逆目釘

木材の乾燥に伴う釘の引抜抵抗は第4図に示すように、板目、柱目、木口とも徐々に増加し、鉄丸釘の場合とは逆の挙動を示した。これは鉄丸釘のように木材を押し分けて打ち込まれるのではなく、逆目釘では木材組織を凹凸状に破壊しながら打ち込まれるので、木材の機械的性質に左右されるためと考えられる。即ち、含水率の低下に伴ってせん断や圧縮強度などが大きくなり、その結果釘の引抜抵抗が増加するものと考えられる。なお、この傾向はカラマツとミズナラの各打ち込み面とも概ね同様であった。

一万、各経時ごとに打ち込んだ釘の引抜抵抗は第4図のエゾマツに見られるように、各打ち込み面とも含水率が低いほど大きな値を示し、生材時に釘を打ち込み、それを乾燥させた場合と比較すると、ほとんど変わらなかった。従って、この釘は経過時間による低減が少ないと考えられる。なお、この現象は他の2樹種も同様であった。

木材の乾燥に伴う釘の引抜抵抗



第4図 逆目釘による引抜抵抗の経時変化(エゾマツ)

第3表に打ち込み面，樹種別による生材時及び6ヵ月後の釘の引抜抵抗とその増減率を示した。まず，打ち込み面別にみると，生材時の木口は板目と柾目よりも小さな値を示したのに対して，後者の差は僅かであった。6ヵ月後でも木口は他の打ち込み面よりも小さな値を示したが，カラマツとミズナラの板目は柾目よりも大きかった。増減率では樹種によって異なり，エゾマツは木口，カラマツは木口と板目，ミズナラは板目がそれぞれ他の打ち込み面に比べて増加の割合が大きかった。

次に，樹種別にみると，生材時と6ヵ月後の値ともミズナラが一番大きく，ついでカラマツ，エゾマツの順になった。増減率では打ち込み面によって異なり，板目はカラマツ，柾目と木口はエゾマツがそれぞれ他の樹種よりも増加の割合が大きかった。なお，カラマ

ツとミズナラの柾目で若干低減するものが見られた。

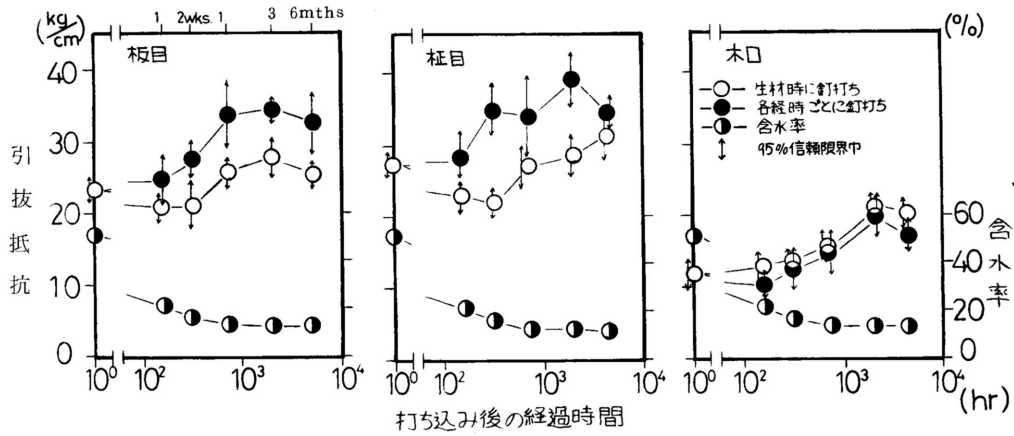
以上の結果から，逆目釘の引抜抵抗は木材の乾燥に伴って徐々に増加するので，このような条件下での使用には有効な釘と考えられる。

3.3 らせん釘

木材の乾燥に伴う釘の引抜抵抗は第5図に示すように，板目と柾目では約2週間後（含水率，約20%）まで減少するが，それ以上になると徐々に増加する挙動を示した。これは，この釘がスパイラルしながら打ち込まれるので，鉄丸釘と逆目釘とを重ね合わせたような傾向を示すためと考えられる。即ち，木材の含水率が約20%付近までは木材と釘身との間の加圧収縮が，それ以下では木材の機械的性質が主に影響するためと考えられる。この傾向はカラマツとミズナラの板目と柾目についてもほぼ同様であった。また，木口の場合

第3表 生材時及び6ヵ月後の釘の引抜抵抗とその増減率(逆目釘)

打ち込み面	樹種	生材時の値 (kg/cm)			6ヵ月後の値 (kg/cm)			増減率 (%)		
		最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
板目	エゾマツ	32.1	29.1	25.0	41.0	39.0	37.3	+27.7	+34.0	+49.2
	カラマツ	44.6	38.7	31.3	80.3	56.9	38.3	+80.8	+47.0	+22.4
	ミズナラ	75.0	65.0	55.7	90.0	79.2	60.7	+20.0	+21.8	+9.0
柾目	エゾマツ	31.7	28.8	25.0	43.3	39.8	36.3	+36.6	+38.2	+42.2
	カラマツ	44.2	38.1	32.5	50.3	40.5	29.2	+13.8	+6.3	-10.2
	ミズナラ	67.3	60.0	50.8	86.7	70.5	47.0	+28.8	+17.5	-7.5
木口	エゾマツ	9.6	8.4	7.1	17.2	12.6	10.3	+79.2	+50.0	+45.1
	カラマツ	12.9	11.3	10.4	23.0	18.6	12.3	+78.3	+64.6	+18.3
	ミズナラ	32.5	29.1	24.7	38.8	34.4	24.3	+19.4	+18.2	-1.1



第5図 らせん釘による引抜抵抗の経時変化(エゾマツ)

は樹種によって傾向が異なり、エゾマツとカラマツでは、一時減少することなく、含水率の低下に伴って徐々に増加したが、ミズナラでは板・柱目と同様の傾向を示した。

一方、各経時ごとに打ち込んだ釘の引抜抵抗は第5図のエゾマツに示すように、各打ち込み面とも含水率が低いほど値が大きくなり、生材時に釘を打ち込んだ場合と比較すると、板目と柱目では前者が大きく、木口ではほとんど変わらなかった。この現象は他の樹種についても同様であった。

第4表に打ち込み面、樹種別による生材時及び6ヵ月後の釘の引抜抵抗とその増減率を示した。まず、打ち込み面別にみると、生材時の木口は板目と柱目よりも大きく、後者の差は僅かであった。6ヵ月後では木口と他の2面との差は生材時より少なく、逆に木口が

板目と柱目よりも大きな値を示すものも見られた。増減率では木口が他の打ち込み面に比べて増加の割合が大きかった。

次に、樹種別にみると、生材時と6ヵ月後の値ではミズナラが一番大きく、ついでカラマツ、エゾマツの順になった。増減率ではエゾマツが各打ち込み面ともほぼ生材時の値よりも増加したのに対し、カラマツの柱目、ミズナラの板目と柱目がこの値よりも低減した。

以上の結果から、らせん釘の引抜抵抗は木材の乾燥に伴って一時減少した後、徐々に増加するので、このような条件下では鉄丸釘よりも有効と考えられる。また、木口の引抜耐力では逆目釘よりも効果が期待できるであろう。

第4表 生材時及び6ヵ月後の釘の引抜抵抗とその増減率 (らせん釘)

打ち込み面	樹種	生材時の値 (kg/cm)			6ヵ月後の値 (kg/cm)			増減率 (%)		
		最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値
板目	エゾマツ	27.3	23.1	20.7	27.2	24.4	21.2	-0.4	+5.6	+2.4
	カラマツ	38.8	34.2	29.2	40.3	34.6	29.8	+3.9	+1.2	+2.1
	ミズナラ	54.6	47.6	40.5	47.8	42.5	35.3	-12.5	-10.7	-12.3
柱目	エゾマツ	29.7	26.2	24.5	34.3	30.3	23.7	+15.5	+15.6	-3.3
	カラマツ	37.1	31.3	28.3	35.0	27.7	18.3	-5.7	+11.5	-35.3
	ミズナラ	61.0	50.3	42.3	54.0	45.1	28.3	-11.5	-10.3	-33.1
木口	エゾマツ	16.7	11.5	9.2	23.8	19.4	17.5	+42.5	+68.7	+90.2
	カラマツ	16.7	14.3	13.3	29.2	20.2	14.1	+74.9	+41.3	+6.0
	ミズナラ	32.7	25.9	22.7	46.0	38.7	27.5	+40.7	+49.4	+21.1

#### 4. まとめ

生材時に釘を打ち込み、その引抜抵抗が木材の乾燥に伴ってどのような挙動を示すかを釘の種類、打ち込み面、樹種別に検討した結果、次のことがわかった。

- (1) 鉄丸釘の板目と柾目では木材の乾燥に伴って著しく低減した。この低減の割合はミズナラが一番大きく、ついでカラマツ、エゾマツの順になった。また、木口の場合は樹種によって異なり、エゾマツではほぼ生材時の値で推移したが、カラマツとミズナラでは板・柾目と同様の傾向を示した。
- (2) 逆目釘の場合は各打ち込み面とも鉄丸釘とは逆に、木材の乾燥に伴って徐々に増加した。この増加の割合は打ち込み面と樹種によって異なった。しかし、カラマツの柾目、ミズナラの柾目と木口で若干低減するものも見られた。
- (3) らせん釘の板目と柾目では一時減少したのち、徐々に増加した。エゾマツの6ヵ月後の値ではほぼ生材時の値を上回ったが、カラマツとミズナラではこの値よりも低いものが認められた。また、木口の場合はエゾマツでは徐々に増加したのに対し、カラマツとミズナラでは板・柾目と同様の傾向を示した。ただし、6ヵ月後の値は生材時の値よりも大きくなった。

#### 文 献

- 1) Gaitzsch, F. : Kollmann, F., Techn. des Holzes, 2. Aufl. I, Bd. p.855 (1955)
- 2) Ströer, H. J. : 同上, p.854
- 3) Stern, E. G. : Va. Polytech. Inst. Wood Res. Lab. Bull.31 (1957)
- 4) 杉山英男著：木構造，彰国社，p.103 (1970)
- 5) Stern, E. G. : Va. Polytech. Inst. Wood. Res. Bull.8 (1952)
- 6) Senft, J. F. and Suddarth, S. K. : F. P. J., Vol.21, No.4, pp.19~24 (1971)
- 7) Noguchi, M. and Sugihara, H. : WOOD RESEARCH, No.25, pp.1~13, KYOTO Univ. (1961)
- 8) 竹内勝正：木工生産，Vol.15-4, pp.16~22, (1973)

—木材部 加工科—  
(原稿受理 昭51.4.12)