

日本産主要樹種の性質

(研究資料)

釘の引抜き抵抗(1)

針葉樹材の引抜き抵抗

小西千代治⁽¹⁾

Chiyoji KONISHI : Studies on Nail Withdrawal Resistance
of the Important Japanese Wood (1)

On the softwood
(Research materials)

1. ま え が き

日本産主要樹種の性質についての研究の一環として、釘の引抜き抵抗に関して試験した。今回とりあげた樹種はスギ、ヒノキ、アカマツ、カラマツ、エゾマツの針葉樹材である。試験方法は JIS 規格によったが比較の意味で釘の打込み長さを変えた試験も行なった。釘の打込み面は板目面、まさ目面、木口面の3とおりであるが、その差も明らかであり、また同一樹種における引抜き抵抗と容積重との関係を検討した結果、多少例外もあるが、相関関係にあることがわかった。

2. 試 験 方 法

1. 供 試 材

供試材は天然乾燥したものであるが、これを一定寸法、たて(50mm)×よこ(50mm)×長さ(120mm)に木取りし、恒温恒湿室に3~6か月間放置したもので、その気乾容積重、含水率は表1のとおりである。

表 1. 供試材の気乾容積重および含水率

樹 種	産 地	気乾容積重 (g/cm ³)		含 水 率 (%)	
		範 囲	平 均	範 囲	平 均
ア カ マ ツ	青 森	0.37 ~ 0.61	0.48	8.6 ~ 13.1	10.0
	東 京	0.52 ~ 0.69	0.59	9.8 ~ 11.2	10.4
	大 阪	0.53 ~ 0.74	0.61	8.8 ~ 10.8	9.8
ス ギ	秋 田	0.31 ~ 0.44	0.37	10.4 ~ 17.5	13.9
	東 京	0.38 ~ 0.46	0.41	10.6 ~ 17.4	12.7
	熊 本	0.34 ~ 0.49	0.40	11.0 ~ 12.8	11.4
ヒ ノ キ	長 野	0.35 ~ 0.43	0.38	10.5 ~ 12.8	11.9
エ ゾ マ ツ	帯 広	0.36 ~ 0.55	0.43	10.2 ~ 13.1	11.5
カ ラ マ ツ	長 野	0.53 ~ 0.68	0.58	10.3 ~ 12.5	11.4

1972年5月19日受理

(1) 木 材 部

る。

2. 釘の引抜き抵抗試験要領

試験要領は次に示す木材の釘引抜き抵抗試験方法〔JIS Z 2121 (1959)〕に準拠した¹⁾。

- a) 試験体は横断面正方形の柱体とし、その寸法は辺長 50mm、材長 120mm とする。まさ目および板目において、釘打込みによる割れが木口に達する場合には、試験体の材長を適宜大きくするものとする。
- b) 試験体はその材軸を繊維方向に平行になるようにする。
- c) 試験面は木口、まさ目および板目とする。ただし、板目の場合は木表とする。
- d) この試験に用いる釘は JIS A 5508 (鉄丸釘) に規定する。N 45 (長さ 45mm、径 2.41mm) とする。

e) 釘の打込み本数はまさ目、板目のそれぞれ 2 本、両木口に 1 本ずつ合計 6 本とする。

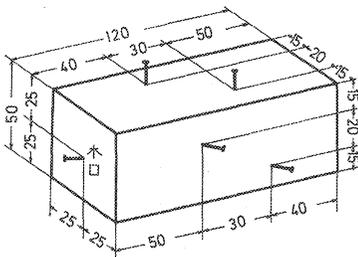


図 1. 釘の打込み位置

f) 釘の打込み位置 (釘相互の間隔および周辺からの距離) はほぼ図 1 のようにする。

g) 釘は試験面に直角に全長の約 2/3 (約 30mm) を打ち込むものとする。

h) この試験では重量約 350g のハンマーで、毎回の打込み長さがほぼ同程度になるように、打込み回数 5~10 回で所定の長さだけ打ち込むことを標準とする。釘を打ち込むには適當の補助具を用いることが望ましい。

i) 平均引抜き速度は材の硬軟に応じて毎分 60~30kg とする。

j) この試験ではつぎの事項を決定する。木材の釘引抜き抵抗 $(\frac{\text{kg}}{\text{cm}}) = \frac{P}{l}$, P : 釘の引抜きに要する最大荷重 (kg), l : 釘の打ち込まれた長さ (cm)。

以上が JIS 規格であるが、釘を打ち込むとき、釘が曲がる恐れがあることを考慮して、本試験では釘を打ち込む前に予備穴をドリルであけた。一般に予備穴と引抜き抵抗の関係は、実験の結果によれば、穴径に対する釘の径の比の値が、おおよそ 0.7~0.8 のとき引抜き抵抗は最大となるといわれている²⁾。したがって、径 2.41mm の釘に対し 1.8mm 径の予備穴を、釘の打込み長さが 30mm のときは 25mm、20mm のときは 15mm の長さにあけた。

3. 引張り試験機

釘を引き抜くにあたっては、オルゼンの 500kg の強度試験機を用いた。

3. 実験結果および考察

1. 引抜き抵抗

樹種、産地別単位長当りの釘の引抜き抵抗 (P/l) kg/cm は、表 2 のとおりであった。すなわち、樹種別に比較した場合、カラマツ、アカマツが大きく、スギが最も低く、ヒノキ、エゾマツは中位であった。またアカマツでは、産地により大きく差がついた。釘を打ち込んだ面による差は明らかで抵抗値の大きさは、板目、まさ目、木口の順であった。

2. 打込み長さ引抜き抵抗

釘の打込み長さ引抜き抵抗との関係について、梶田らは実験で次のような関係式を示している。

表 2. 樹種別引抜き抵抗

(単位長あたり)

樹種	産地	引抜き抵抗 (kg/cm)		
		板目面	まさ目面	木口面
アカマツ	青森	21.3	15.3	10.7
	東京	29.8	21.4	14.6
	大阪	32.8	25.2	16.6
スギ	大田	12.7	10.6	5.9
	東京	15.6	14.5	9.6
	熊本	15.6	11.7	8.7
ヒノキ	長野	16.9	16.8	10.1
エゾマツ	帯広	17.7	16.2	9.2
カラマツ	長野	35.7	25.2	15.1

$$P = 305 r^{1.84} \cdot dl$$

上式で P : 引抜き抵抗 (kg), r : 比重, d : 釘の直径 (mm), l : 打込み長さ (mm)。

上式では、引抜き抵抗はおおむね打込み長さに比例することがわかる。今回の実験で釘の打込み長さが30mmと20mmの場合の引抜き抵抗を求めたが、図2にみるごとく若干の例外はあるが、打込み長さ30mmの方が20mmに比べて単位長あたり引抜き抵抗の値はわずかながら大きいようであった。

3. 打込み面の差による引抜き抵抗の比較

図2および表2にみるごとく、板目面に打ち込んだ場合の引抜き抵抗が最も高く、ついでまさ目面、木口面となっている。ただ、板目面とまさ目面との差に比較して木口面の値の低下度は大きい。

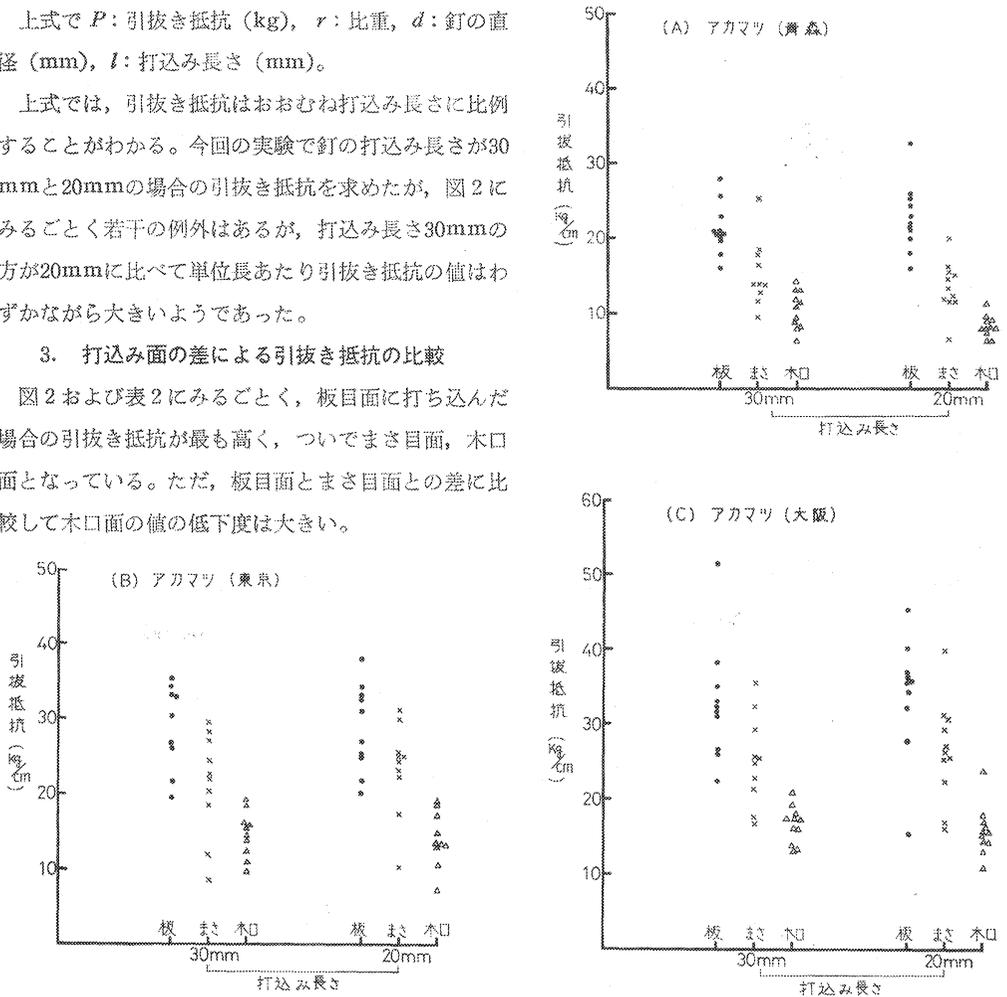


図 2. 打込み面、打込み長さと釘の引抜き抵抗 (単位長当たり) の関係

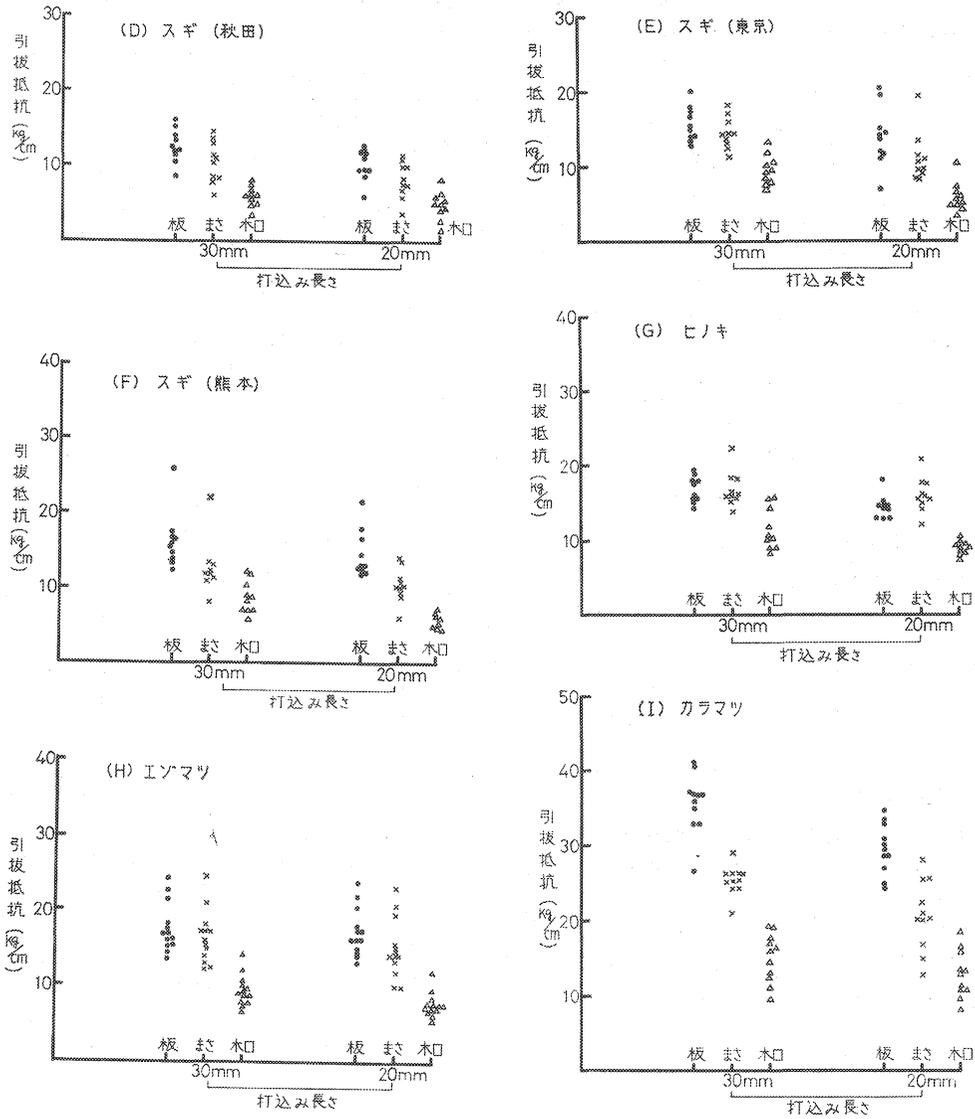


図 2. (つづき)

4. 板目表と板目裏との比較

板目面に釘を打ち込むにあたって、木表、木裏と両面から打ち込んだ場合、引抜き抵抗がどのように異なるものかを比較するための実験を行なった。この場合の釘の打込み長さは 20mm とした。表 3 にその結果を示す。これらの結果によれば、アカマツ、スギでは明らかに板目表の場合の抵抗値が、板目裏に比べて大きい値を示したが、ヒノキ、エゾマツ、カラマツでは両者の間にはほとんど差がないか、あるいは逆にわずかながら板目裏の方が板目表より大きかった。

5. 引抜き抵抗値と供試材の気乾容積重、年輪密度との関係

同一条件で行なった釘の引抜き抵抗試験結果において、抵抗値が図 2 に示したごとく相当な範囲にばら

表 3. 釘 の 引 抜 き 抵 抗

樹 種	産 地	板 目 表		板 目 裏	
		範 囲 (kg)	平 均 値	範 囲 (kg)	平 均 値
ア カ マ ツ	青 森	21.2 ~ 72.5	50.2	16.4 ~ 41.0	30.0
	東 京	35.8 ~ 91.0	58.0	30.6 ~ 83.2	52.7
	大 阪	29.1 ~ 92.0	68.1	32.9 ~ 90.2	55.1
	平 均		58.8		45.9
ス ギ	秋 田	11.5 ~ 30.9	21.0	10.2 ~ 27.8	11.7
	東 京	14.4 ~ 49.8	28.0	14.1 ~ 58.8	29.1
	熊 本	18.0 ~ 47.8	29.4	12.4 ~ 42.7	20.6
	平 均		26.1		20.5
ヒ ノ キ	長 野	22.5 ~ 41.8	29.1	17.3 ~ 39.5	30.4
エ ゾ マ ツ	帯 広	24.5 ~ 57.7	35.0	17.9 ~ 65.3	33.2
カ ラ マ ツ	長 野	45.6 ~ 80.8	59.2	42.6 ~ 87.4	63.5

注：釘の打込み長さ30mm。

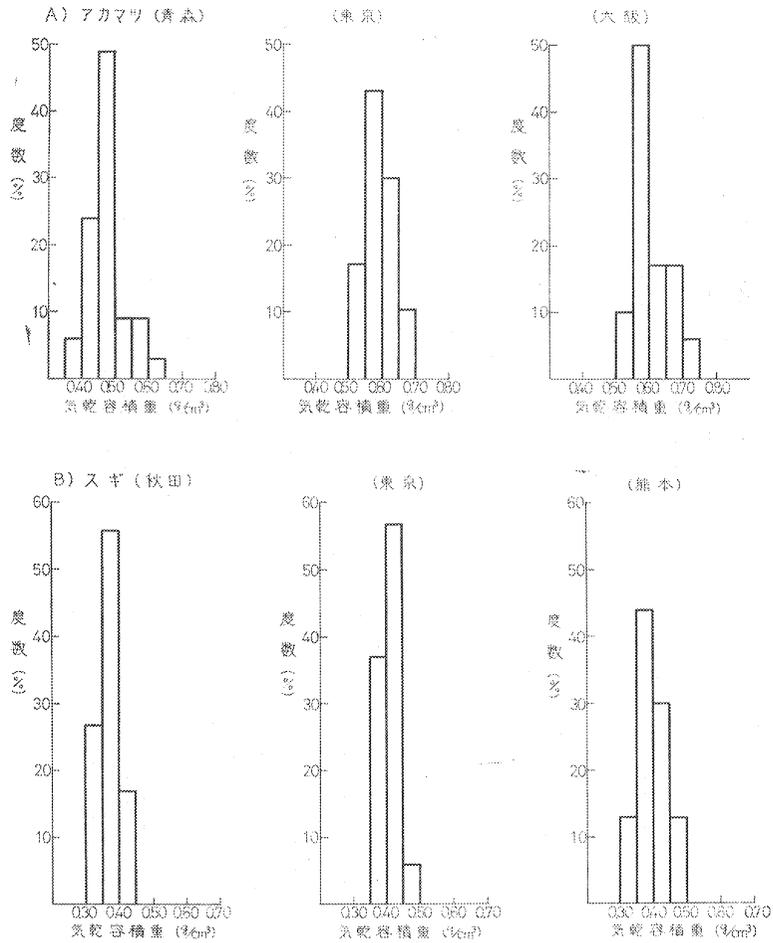


図 3. 供試材の比重別度数分布

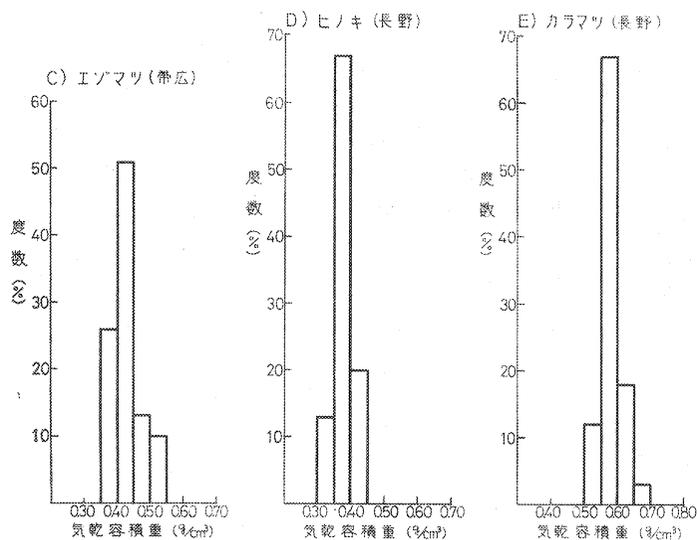


図 3. (つづき)

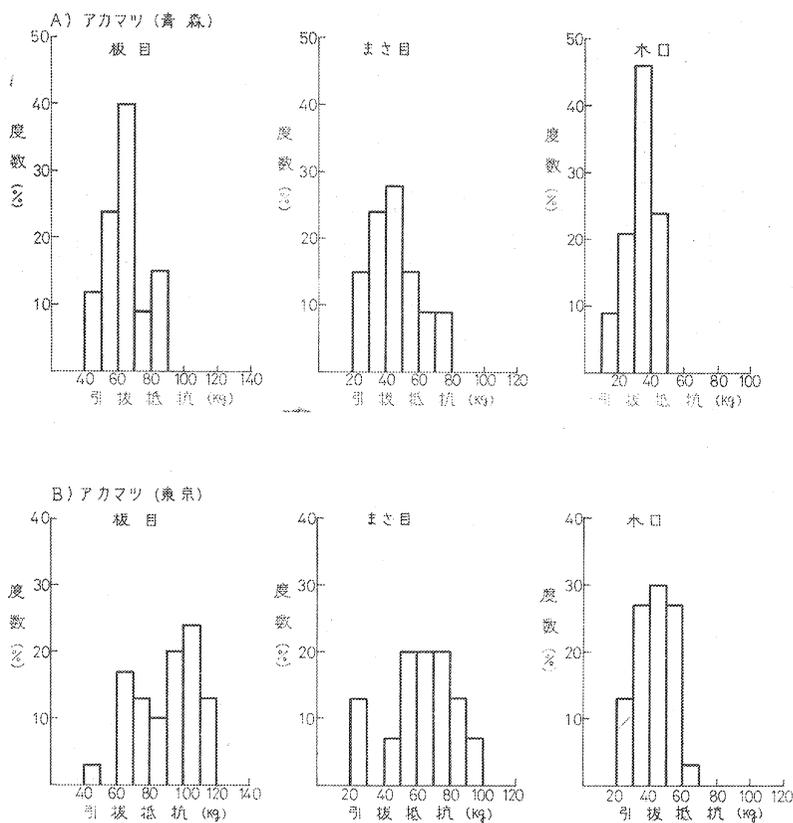


図 4. 引抜き抵抗の度数分布 (釘の打込み長さ30mm)

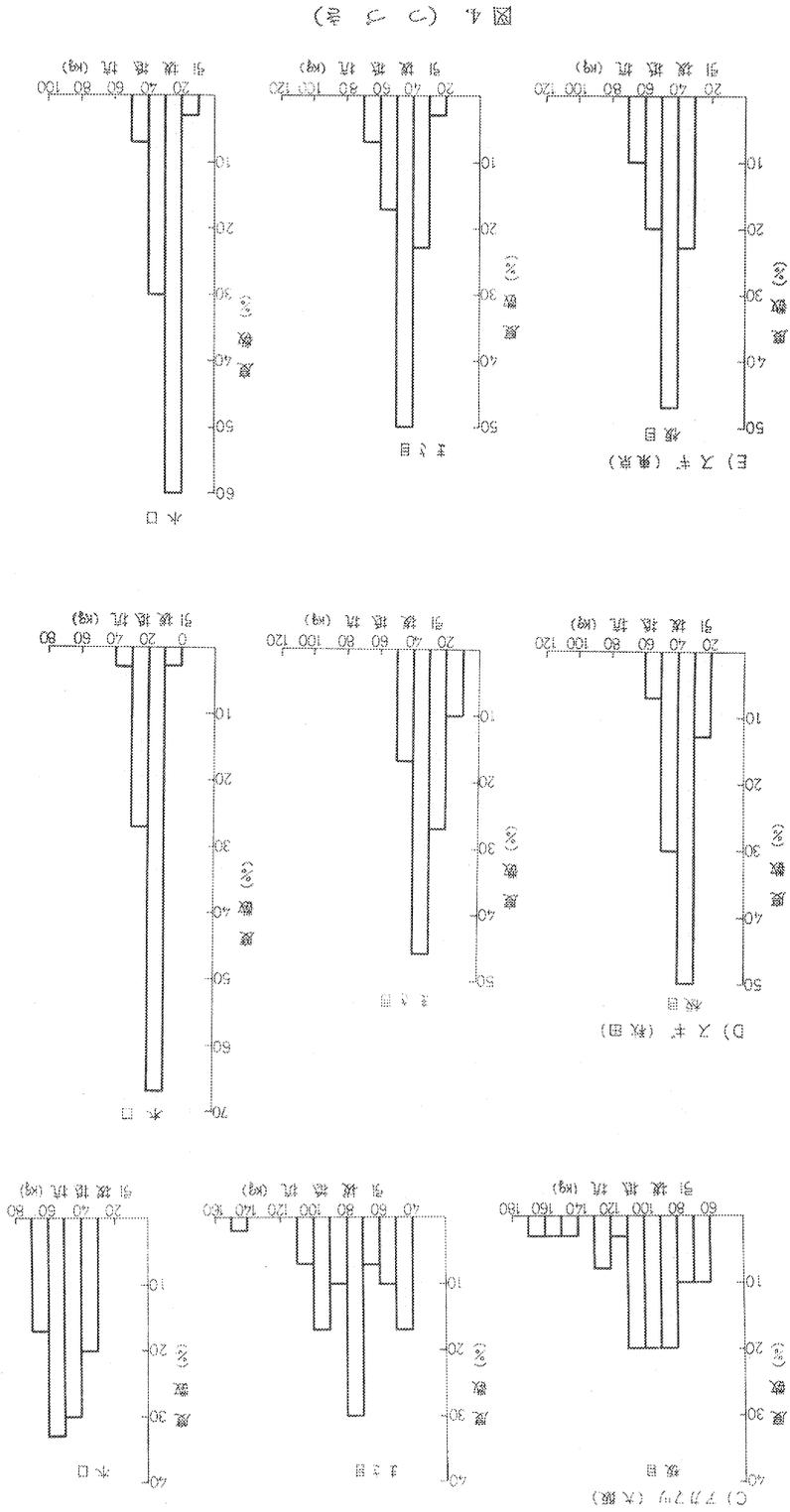


図 4. (つぎ)

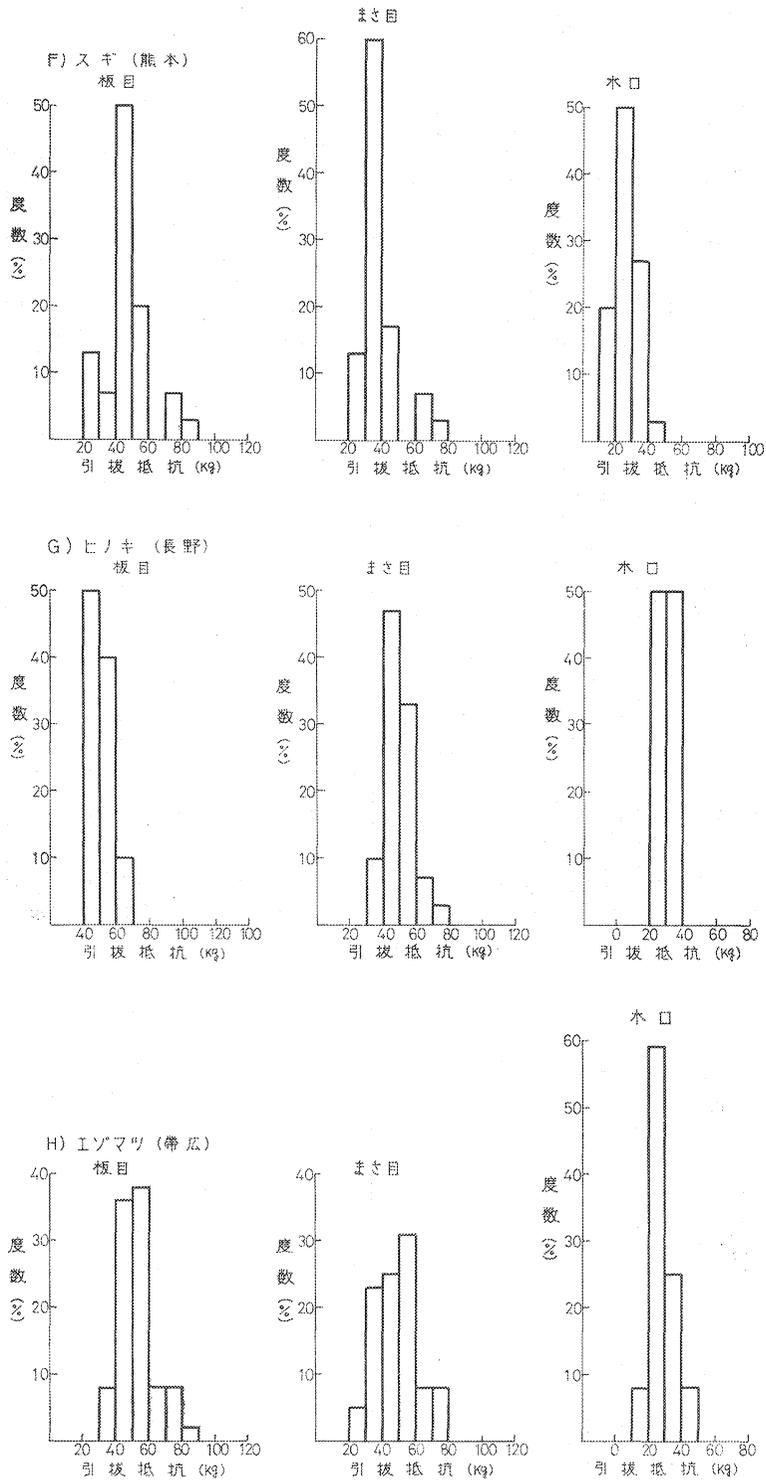


図4. (つづき)

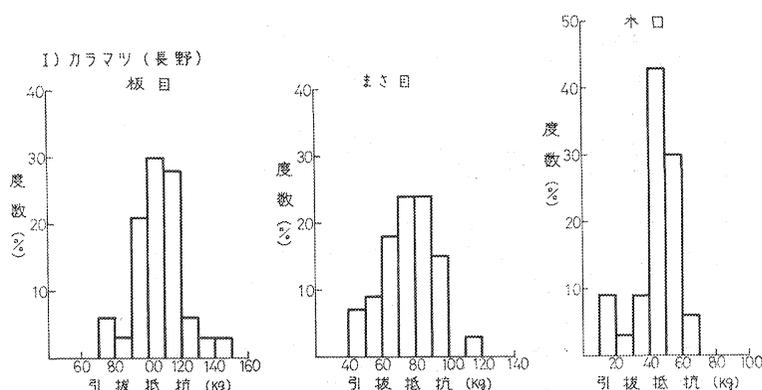


図 4. (つづき)

つしたが、この原因が供試材の条件、すなわち容積重、年輪密度によるものかどうかの検討を試みた。

1) 気乾容積重および抵抗値の度数分布

図3には産地別、樹種別の容積重の度数分布状態を、図4には同じく引抜き抵抗値の度数分布を示した。これらの結果では容積重のバラツキが大きいアカマツ、熊本のスギおよびエゾマツ、カラマツについては引抜き抵抗のバラツキも大きいことがわかった。反対に、比重のバラツキが小さい東京、秋田の、スギおよびヒノキでは引抜き抵抗のバラツキは小さかった。

2) 容積重、年輪幅と引抜き抵抗値との相関

樹種、産地が同じでも釘の引抜き抵抗が変わるのは、供試材の容積重、および年輪密度が影響するものと考えられる。針葉樹の場合、容積重と平均年輪幅の間にはお互いに逆比例の関係にあることが推定できるが、お互いに関連し合うこれら2変数と引抜き抵抗が、どのような関係にあるかを検定するには、 $Y = a + bX_1 + cX_2$ の重回帰式を想定することが適当と考えられる。この場合、 X_1 :容積重 (g/cm^3)、 X_2 :平均年輪幅 (mm)、 Y :釘の引抜き抵抗 (kg)とする。各樹種について産地別、釘の打込み面別に重回帰式のF検定および推定値の標準誤差を求めた。なお定数 a , b , c の値およびその t 検定、さらに X_1 と Y , X_2 と Y , X_1 と X_2 のそれぞれの相関係数を算出し、これらを表4に示した。重回帰式のF検定で危険率1%で有意なものが大半であったことは、想定した重回帰式が妥当であったことの裏付けとなる。そこで重回帰式のF検定で、危険率1%で有意でないものには、東京のアカマツのまさ目面、東京のスギの木口面、ヒノキの板目面、まさ目面、カラマツのまさ目面があるが、これらについては定数 b , c の個々の t 検定においてもその有意性はなく、また X_1 と Y , X_2 と Y の相関度も低い。つぎに、重回帰式のF検定で危険率1%で有意であったものでも、推定値の標準誤差が母集団の平均値の20%以上になったものに大阪のアカマツまさ目面、熊本のスギのまさ目面、カラマツの木口面がある。これらについてはたとえ定数 b , c の t 検定で危険率1%で有意であっても、上述の重回帰式を当てはめることはできないといえよう。

以上のごとき検討の結果、一部を除き大半のものが、 $Y = a + bX_1 + cX_2$ の重回帰式により釘の引抜き抵抗を推定することができるといえる。そして釘の引抜き抵抗 (Y) を推定するのに、容積重 (X_1) と年輪幅 (X_2) の関与する割合を比較した場合、ほとんどが定数 c における t 検定の有意性より、 b の場合の方がその有意性もきわめて明白であり、また X_1 と Y の相関係数の値も X_2 と Y の相関係数値よりも明ら

表4. 比重, 年輪幅と引抜き抵抗との相関関係

樹種	産地	釘の打込み面	重回帰式のF検定	推定値の標準誤差	Yの平均値に対する誤差の比率	定数			相関関係		
						a	b	c	X ₁ とY	X ₂ とY	X ₁ とX ₂
アカマツ	青森	板目面	危険率1%で有意	4.85	7.5%	-42.0	209.5**	1.76	0.90	-0.64	-0.78
		さ目面	"	9.02	19.5	-28.3	176.1**	-3.15	0.78	-0.62	-0.58
		木口面	"	5.84	18.0	0.71	84.9**	-2.81*	0.70	-0.61	-0.50
	東京	板目面	"	12.68	14.1	-23.8	228.6**	-8.73*	0.69	-0.57	-0.42
		さ目面	危険率5%で有意	18.95	29.4	-3.43	144.0	-5.93	0.43	-0.39	-0.48
		木口面	危険率1%で有意	8.45	19.2	33.0	48.9	-5.49*	0.46	-0.58	-0.52
大阪	板目面	"	19.54	19.8	-63.7	312.4**	-12.14*	0.56	-0.15	0.24	
	さ目面	"	19.16	25.2	-13.1	78.2	-13.98*	0.36	0.51	0.40	
	木口面	"	7.35	14.7	-23.8	124.6**	-0.90	0.65	0.10	0.25	
スギ	秋田	板目面	"	4.16	10.9	4.79	106.8**	-2.41*	0.77	-0.72	-0.65
		さ目面	"	5.73	18.0	-48.0	209.6**	0.30	0.79	-0.42	-0.58
		木口面	"	3.20	17.9	-7.41	76.8**	-1.08	0.71	-0.53	-0.51
	東京	板目面	"	5.88	12.4	-85.2	296.3**	3.79	0.69	-0.09	-0.47
		さ目面	"	6.30	14.4	-51.4	216.8**	1.97	0.62	0.10	-0.12
		木口面	—	6.52	22.6	7.13	51.2	0.11	0.18	-0.05	-0.34
熊本	板目面	危険率1%で有意	6.67	14.1	-53.5	264.5**	-2.32	0.87	-0.41	-0.40	
	さ目面	"	8.26	21.4	-43.4	204.4**	-0.26	0.73	-0.28	-0.36	
	木口面	"	5.23	19.8	-6.5	105.4**	-3.06*	0.62	-0.33	-0.02	
ヒノキ	長野	板目面	—	6.11	12.0	41.0	45.3	-10.11	0.15	-0.17	0.07
		さ目面	—	8.22	16.2	-11.4	136.8	11.10	0.36	0.17	0.07
		木口面	危険率5%で有意	4.24	13.9	-7.7	91.2*	3.23	0.45	0.11	0.07
エゾマツ	帯広	板目面	危険率1%で有意	6.43	12.0	-33.5	194.2**	1.25	0.81	-0.44	-0.59
		さ目面	"	6.89	14.1	-29.4	186.9**	-1.37	0.81	-0.42	-0.43
		木口面	"	4.38	15.8	-18.6	109.6**	-0.58	0.78	-0.46	-0.54
カラマツ	長野	板目面	"	11.94	11.1	-26.8	190.1*	8.30*	0.45	0.42	0.17
		さ目面	—	14.61	19.3	23.1	72.0	3.03	0.14	0.20	0.03
		木口面	危険率1%で有意	10.27	22.6	102.9	-62.1	-6.39**	-0.21	-0.59	0.12

注) $Y=a+bX_1+cX_2$ においてX₁: 容積重, X₂: 平均年輪幅, Y: 引抜き抵抗。

** は t 検定において危険率1%, * は5%で有意。

かに高いことがわかった。表4からの釘打込み面別に X_1 と Y , X_2 と Y の相関関係を比較した場合、板目面に打ち込んだ場合が上記のいずれもが最も高く、まさ目面、木口面の順であった。以上のことから釘の引抜き抵抗と容積重、年輪幅との相関関係を検討した結果、年輪幅の影響は期待に反し少なく、その樹種の容積重が大きく関与することがわかった。

摘 要

本邦産針葉樹の5樹種について、釘の引抜き試験を行なった。

1. 引抜き抵抗を樹種別に比較した場合、カラマツ、アカマツが大きく、スギが最も低く、ヒノキ、エゾマツが中位であった。
2. 釘の打込み長さを20mmと30mmに分けた場合、単位長当たり引抜き抵抗は打込み長さ30mmの方がやや大きかった。
3. 打込み面を板目、まさ目、木口面と分けた場合、板目面に打ち込んだ場合の引抜き抵抗が最も高く、次いでまさ目面、木口面となった。
4. 釘の引抜き抵抗値は同一樹種でかなりの範囲にばらついたが、これの原因が容積重、年輪密度にあるのではなからうかと検討した結果、釘の引抜き抵抗に容積重が大きく関与することが明らかであった。

文 献

- 1) 林業試験場：木材工業ハンドブック，丸善，940pp., (1958)
- 2) MACK, J. J.: The strength and stiffness of nailed joints under short-duration loading. Division of forest products technological paper CSIRO, Aust. No. 40, (1966)